

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Vyrovnávání podvozku kolesového rýpadla KK-550

**Undercarriage Levelling of Bucket Wheel Excavator
KK-550**

Student:

Bc. Petr Sladomel

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Sladomel**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje
Téma: **Vyrovnávání podvozku kolesového rýpadla KK-550**
Undercarriage Levelling of Bucket Wheel Excavator KK-550

Zásady pro vypracování:

Proveďte návrh a výpočet vyrovnávání podvozku kolesového rýpadla KK-550. Vyrovnávání podvozku zajišťují dva hydraulické válce. Zpráva by měla obsahovat rešerši a popis vyrovnávání podvozku rýpadla, specifikaci použitého válce zdvihu, pevnostní kontrolu vyrovnávacího zařízení, způsob mazání, postup montáže a demontáže zařízení.

Bližší specifikaci provozních podmínek a zatížení určí zadavatel – fa NOEN a.s. Uničov.

Seznam doporučené odborné literatury:

JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.
JEŘÁBEK, K. – HELEBRANT, F. – JURMAN, J. – VOŠTOVÁ, V. *Stroje pro zemní práce, Silniční stroje*. Opava: Grafis spol. s r.o., 1996. 468 s.
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně všech příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů. Bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Bc. Petr Sladomel

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Petr Sladomel

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Dukelská 834

783 91, Uničov

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce panu doc. Jiřímu Friesovi za jeho čas a ochotu poskytnout mi cenné rady a připomínky v celém průběhu vypracování diplomové práce. Také děkuji panu Ing. Richardovi Tichému ze společnosti NOEN a.s. Uničov za velmi ochotnou pomoc a cenné rady při psaní mé diplomové práce.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SLADOMEL, P. Vyrovnávání podvozku kolesového rýpadla KK-550. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2012, 61 s. Diplomová práce. Vedoucí práce: doc. Ing. Fries, J., Ph.D.

Diplomová práce se zabývá návrhem a výpočtem vyrovnávání podvozku kolesového rýpadla KK-550, které se bude používat v Dolech Bílina. Vyrovnávání podvozku zajišťují dva hydraulické válce. Zařízení tvoří společně s hydraulickým válcem ještě teleskopický tubus a příčník. Specifikace hydraulického válce a pevnostní kontrola vyrovnávacího zařízení je založena na provozních podmínkách dle specifikace firmy NOEN a.s. Uničov. Výkresová dokumentace v rozsahu 1x sestavní výkres (sestava vyrovnávání), je vytvořena v grafickém systému AutoCad, stejně jako ostatní vybrané detailní výkresy. Veškeré výpočty jsou provedeny dle uvedené literatury.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

SLADOMEL, P. Undercarriage Levelling of Bucket Wheel Excavator KK-550. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2012, 61 p. Master Thesis. Head: doc. Ing. Fries, J., Ph.D.

Master thesis is dealing with undercarriage levelling of bucket wheel excavator KK-550 which will be used primarily in surface mine Bílina. Undercarriage levelling is ensured by two cylinders. This equipment consists of cylinder, telescopic tube and crosspiece. Specification of cylinder and strength check is based on operating condition by firm NOEN a.s. Uničov. Drawing in the range 1x assembly drawing (assembly of levelling) is created in graphical system AutoCAD like other detail drawings. All calculations are performed according to the literature.

Obsah

Seznam použitého značení.....	8
1 Úvod	14
2 Kolesová rýpadla	15
3 Kolesové rýpadlo KK 550	20
3.1 Housenicový podvozek.....	22
3.2 Spodní stavba	23
3.3 Otočná deska s horní stavbou	23
3.4 Předávací výložník	25
3.5 Vyvažovací výložník	25
3.6 Kolesový výložník	26
3.7 Spojovací most a teleskop.....	28
3.8 Podpěrný vůz.....	29
4 Vyrovnávání horní stavby rýpadla	31
5 Pevnostní kontrola vyrovnávacího zařízení	33
5.1 Maximální síla působící na válce vyrovnávání spodní stavby	35
5.2 Návrh hydraulického válce	36
5.3 Návrh a kontrola oka pístnice	38
5.4 Návrh a kontrola oka válce.....	44
5.5 Návrh a kontrola příčnicku.....	47
5.6 Návrh a kontrola vnitřního dílu teleskopu	50
6 Postup montáže a demontáže vyrovnávacího zařízení.....	56
7 Způsob mazání vyrovnávacího zařízení	57
8 Závěr	58
9 Seznam použité literatury	59
10 Přílohy	60

Seznam použitého značení

Označení	Název	Jednotka
A	Bod podvozku	[-]
A_{d1}	Plocha průřezu v místě F_d	$[\text{mm}^2]$
A_{d2}	Plocha průřezu mezikruží	$[\text{mm}^2]$
A_h	Plocha průřezu v místě F_h	$[\text{mm}^2]$
$A_{p1,2}$	Plocha průřezu příčnicku	$[\text{mm}^2]$
B	Délka dosedací plochy oka pístnice	[mm]
B_1	Bod podvozku	[-]
B_2	Bod podvozku	[-]
B_t	Síla působící ve středu kulového uložení teleskopu	[N]
B_v	Šířka oka válce	[mm]
C	Obsah dosedací plochy oka pístnice	$[\text{mm}^2]$
C_1	Obsah mezikruží dosedací plochy	$[\text{mm}^2]$
C_2	Obsah kruhové úseče	$[\text{mm}^2]$
D	Šířka oka pístnice	[mm]
D_p	Průměr pístu hydraulického válce	[mm]
D_v	Vnější průměr hydraulického válce	[mm]
F_d	Síla působící na střední část teleskopu	[N]
F_h	Síla působící na vrchní část teleskopu	[N]
$F_{p\max}$	Max. síla při vysouvání (pro návrh)	[N]
F_{pv}	Max. zatížení hydraulického válce v tlaku	[N]
$F_{pv\max}$	Max. síla při vysouvání (ze studie)	[N]
F_{tp}	Max. tahová síla – váha podvozku	[N]

Označení	Název	Jednotka
F_{tv}	Max. zatížení hydraulického válce v tahu	[N]
F_{vmax}	Max. síla působící na hydraulický válec	[N]
F_z	Síla při zasouvání válce	[N]
H	Tloušťka oka válce	[mm]
H_p	Zdvih hydraulického válce	[mm]
H_v	Maximální zdvih hydraulického válce	[mm]
$I_{d,h}$	Moment setrvačnosti průřezu	[mm ⁴]
L	Délka oblouku dosedací plochy	[mm]
L_{z1}	Činná délka závitu na oku pístnice	[mm]
$M_{d,h}$	Ohybový moment na středním průměru	[N.mm]
M_{dc}	Celkový ohybový moment	[N.mm]
$M_{p1,2}$	Ohybový moment na příčnici	[N.mm]
$N_{d,h}$	Korigovaná síla	[N]
P	Rozteč	[mm]
P_p	Síla působící na příčník	[N]
R	Vnější poloměr oka pístnice	[mm]
Re	Mez kluzu daného materiálu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti daného materiálu	[MPa]
R_v	Vnější poloměr oka válce	[mm]
S	Šířka dosedací plochy oka pístnice	[mm]
T	Reakční síla od síly P_p	[N]
T_p	Šířka příčnicku	[mm]

Označení	Název	Jednotka
V	Max. normálová síla působící na přední válec	[N]
W_c	Modul průřezu mezikruží	[mm ³]
W_d	Modul průřezu v ohybu	[mm ³]
W_e	Modul průřezu ohybu na vnějším vlákne	[mm ³]
W_i	Modul průřezu ohybu na vnitřním vlákne	[mm ³]
$W_{p1,2}$	Modul průřezu příčnicku v ohybu	[mm ³]
Z	Max. boční síla působící na zadní válec	[N]
a_h	Výška průřezu v místě F_h	[mm]
a_p	Vzdálenost reakční síly od daného průřezu	[mm]
a_t	Délka klouzátko	[mm]
b_d	Výška průřezu v místě F_d	[mm]
b_h	Výška průřezu v místě F_h	[mm]
b_p	Vzdálenost reakční síly od daného průřezu	[mm]
d	Velký průměr závitů	[mm]
d_1	Malý průměr závitů	[mm]
d_2	Střední průměr závitů	[mm]
d_3	Nejmenší průměr závitů	[mm]
d_m	Nejmenší průměr dířku závitů	[mm]
d_o	Vnitřní průměr oka pístnice	[mm]
d_{te}	Vnější průměr teleskopu	[mm]
d_{ti}	Vnitřní průměr teleskopu	[mm]

Označení	Název	Jednotka
d_{ti1}	Nejmenší průměr teleskopu	[mm]
d_v	Vnitřní poloměr oka válce	[mm]
h_1	Výška osového hlavního průřezu	[mm]
h_{1p}	Výška příčnicku v daném průřezu	[mm]
h_{1v}	Výška osového hlavního průřezu	[mm]
h_2	Výška sdruženého hlavního průřezu	[mm]
h_{2p}	Výška příčnicku v daném průřezu	[mm]
h_{2v}	Výška sdruženého hlavního průřezu	[mm]
k_s	Součinitel statické bezpečnosti	[-]
l_p	Vzdálenost působistě reakčních sil	[mm]
l_{t1}	Vzdálenost sil F_d a F_h	[mm]
l_{t2}	Vzdálenost síly B a F_d	[mm]
p	Tlak v závitě oka pístnice	[MPa]
p_d	Dovolený tlak v závitě	[MPa]
r	Vnitřní poloměr oka pístnice	[mm]
$r_{d,h}$	Střední poloměr v daném průřezu	[mm]
r_{dp}	Poloměr dosedací plochy oka pístnice	[mm]
r_{te}	Vnější poloměr teleskopu	[mm]
r_{ti}	Vnitřní poloměr teleskopu	[mm]
r_{ti1}	Nejmenší poloměr teleskopu	[mm]
t	Tětiva oblouku dosedací plochy	[mm]
t_{h1}	Tloušťka stěny v nejmenším průměru teleskopu	[mm]

Označení	Název	Jednotka
t_t	Tloušťka stěny teleskopu	[mm]
v	Výška kruhové úseče	[mm]
$v_{1,2}$	Vůle uložení čepu	[mm]
α	Ideální tvarový součinitel při ohybu	[-]
α'	Korekční tvarový součinitel	[-]
α_{skut}	Skutečný tvarový součinitel	[-]
γ	Celkový součinitel zatížení	[-]
γ_G	Součinitel zatížení	[-]
γ_m	Součinitel materiálu	[-]
γ_z	Součinitel zatížení otáčením	[-]
ε	Úhel kruhové úseče	[°]
λ	Poměr vnějšího a vnitřního poloměru oka	[-]
σ_{1max}	Napětí na oku pístnice	[MPa]
σ_{2max}	Napětí na oku válce	[MPa]
σ_c	Mez únavy při střídavém tahu-tlaku	[MPa]
σ_{co}	Mez únavy při střídavém ohybu	[MPa]
σ_d	Dovolené napětí	[MPa]
$\sigma_{d_vnější}$	Napětí na vnějším vlákne	[MPa]
$\sigma_{d_vnitřní}$	Napětí na vnitřním vlákne	[MPa]
$\sigma_{d1_vnější}$	Napětí na vnějším vlákne mezikruží	[MPa]
$\sigma_{d1_vnitřní}$	Napětí na vnitřním vlákne mezikruží	[MPa]

1 Úvod

Tato diplomová práce byla zpracována na základě zadání poskytnutého firmou NOEN a.s. Předmětem zadání bylo konstrukčně navrhnout vyrovnávání podvozku kolesového rýpadla KK-550, popis samotného vyrovnávání, postup montáže navrženého řešení a jeho mazání.

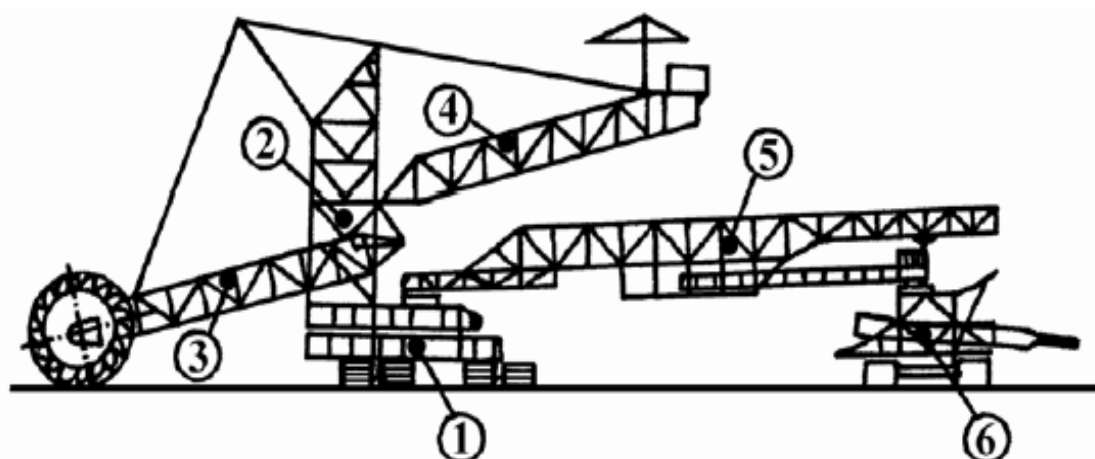
Obecně můžeme kolesová rýpadla zařadit do skupiny kontinuálně pracujících strojů pro zemní práce s velkým rozsahem. Tyto stroje se při práci pohybují většinou v terénu, kde musí překonávat určitá stoupání. Při procesu rozpojování zeminy vznikají značné síly ve styčných plochách aktivních částí podvozku a terénu. Podvozek proto musí zajistit strojům stabilitu a zároveň průchodnost v terénu.

Stabilita je jednou z vlastností strojů, která ovlivňuje jak bezpečnost provozu, tak i výkonnost strojů. V dynamickém smyslu znamená stabilita odolnost stroje proti převržení vlivem proměnlivých sil a polohy. Ve smyslu bližším mluvíme o schopnosti stroje přenášet pracovní zatížení, aniž by hrozilo nebezpečí převržení stroje. U kolesového rýpadla KK-550 je stabilita stroje při pojezdu na nakloněné rovině řešena dvěma hydraulickými válci.

Cílem mé diplomové práce je navrhnout konstrukční řešení vyrovnávání podvozku pomocí hydraulických válců. Ve druhé kapitole se zmíním obecně o kolesových rýpadlech. V následujících kapitolách bude blíže popsáno rýpadlo KK-550, blíže specifikovány hydraulické válce a provedena pevnostní kontrola vyrovnávacího zařízení.

2 Kolesová rýpadla

Kolesové rýpadlo je v podstatě velká půdní frézka. Dobývacím orgánem je koleso, které rozpojuje horninu. To je tvořeno vyztuženým rámem ve tvaru plochého válce či komolého kužele, otáčejícího se kolem střední osy. Těžená hornina je rozpojována korečky, které jsou umístěny na obvodu kola a vyprazdňována na pásový dopravník, který je umístěn přibližně v ose kolesového výložníku. Tato rýpadla se převážně používají pro povrchové dobývání uhelných ložisek a nadložních slojí, kde skrývkový poměr přesahuje poměr 4:1. Koncepce kolesového rýpadla je na **obrázku 2.1**.



Obr. 2.1 – Hlavní konstrukční skupiny kolesového rýpadla [3]

1 – spodní stavba s pásovým podvozkem; 2 – otočná deska s horní stavbou; 3 – kolesový výložník; 4 – vyvažovací výložník; 5 – spojovací most; 6 – podpěrný vůz

Rozpojování těženého materiálu u kolesového rýpadla je dáno otáčivým pohybem kola (hlavní pohyb), plynulým bočním otáčením kolesového výložníku a podélným výsuvem výložníku s kolesem (vedlejší pohyb).

K základním parametrům dobývacího ústrojí kolesového rýpadla patří průměr kola a jeho obvodová rychlost, počet, tvar a konstrukce koreček, objem korečku, délka kolesového výložníku a rychlost otáčení horní stavby.

Nastavení tloušťky třísky se realizuje u výsuvových strojů výsuvem kolesového výložníku a u bezvýsuvových strojů pojezdem podvozku. Tříška má srpovitý tvar a vzniká otáčením kola se současným otáčením horní stavby nebo spouštěním kolesového výložníku.

Tvar třísky může být: a) vertikální (vysunutí kola – lávkování)

b) horizontální (spouštění kolesového výložníku s kolesem)

Z pohledu výsypu těžného materiálu dělíme kola na kola:

- s gravitačním vyprazdňováním
- s odstředivým vyprazdňováním (výjimečně)
- s nuceným vyprazdňováním (výjimečně)

Z konstrukčního hlediska rozeznáváme tři druhy kol:

- kola komorová
- kola bezkomorová
- kola polokomorová

Kola komorová:

Pod každým korečkem je šikmá komora, po které narýpaný materiál klouže na dopravní pás. Výhodou je značná tuhost konstrukce. Nevýhodou je opotřebení skluzových ploch. U lepkavých materiálů navíc dochází k zalepování skluzů komor. Použití pro malé obvodové rychlosti.

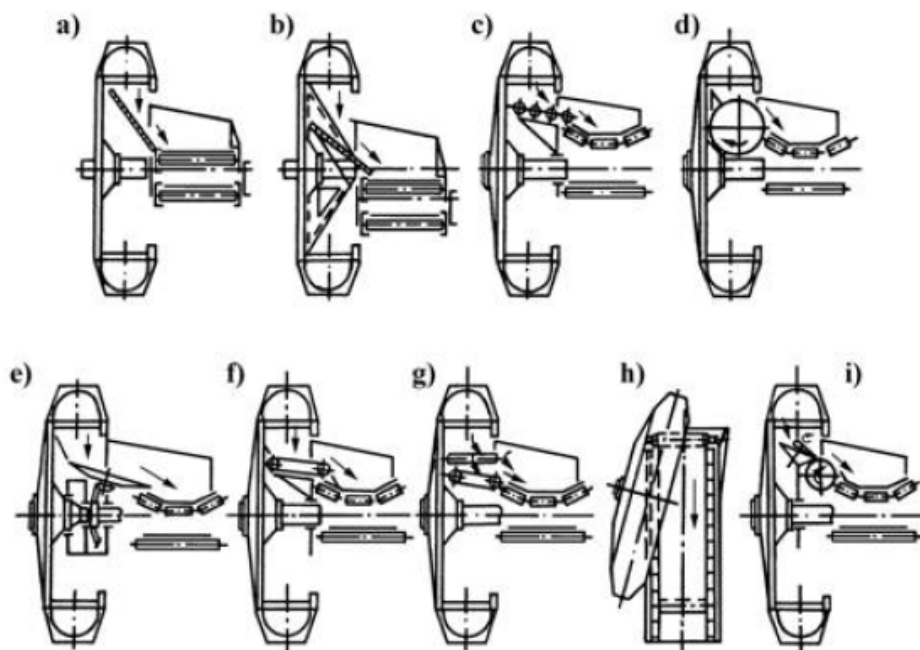
Kola bezkomorová:

Tyto kola mají pod nosným obvodem kola kruhovou dutinu, do které je vložen pevný otěrový prstenec s vynášecím zařízením. Objem korečku je větší o objem mezikruží. Materiál klouže po otěrovém prstenci s vynášecím zařízením a padá na boční pásové kolesový dopravník. Výhodou je větší obvodová rychlost kola a lepší gravitační vyprazdňování. Nevýhodou je nižší tuhost konstrukce.

Kola polokomorová:

Konstrukčně se jedná o kombinaci komorového a bezkomorového kola. Tato konstrukce je výhodná pro kola velkých průměrů.

Bezkomorová kola mají tzv. vynášecí zařízení, které vynáší těžnou zeminu z kola na kolesový dopravník, který je umístěn vedle kola. Je několik konstrukčních typů, které jsou vyobrazeny na **obrázku 2.2**.



Obr. 2.2 – Některé typy vynášecího zařízení bezkomorových koles [3]

a – pevný skluz; b – rotující kužel; c – válečkový rošt; d – vynášecí buben; e – vynášecí talíř;
f – vynášecí pás; g – dva vynášecí pásy; h – sklon kola; i – kombinace skluz a buben

Kolesová rypadla můžeme rozdělit podle mnoha kritérií. Zde budou uvedeny jen základní typy používané v České republice, rozdělené podle výkonnosti. Teoretická výkonnost kolesových rypadel u nás se pohybuje od $1500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ do $10000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Jeden z představitelů té nejmenší výkonnosti je kolesové rýpadlo KU 300 (**obr. 2.3**). Používá se v technologickém celku 1 (TC 1), který je určen pro dobývání uhlí, skrývky a selektivní těžbu. Podvozek je tříbodový housenicový. Horní stavba je umístěna na otočné desce a je podobná písmenu C. Předávací výložník se otáčí okolo stejného středu, jako otočná horní stavba. Nevýhodou je výstředné uložení sloupů horní stavby na otočné desce. Tím je konstrukce méně tuhá. Kolesový výložník je výsuvový, kde výsuv je řešen dvěma šrouby. Pohyblivé protizávaží eliminuje pohyb těžiště výsuvné části kolesového výložníku.

Mezi střední výkonnostní třídu se řadí nejrozšířenější typ kolesového rýpadla – KU 800 (**obr. 2.4**) s výkonem kolem $5000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Podvozek je hydraulický kráčivý a tvoří jej dvě obdélníková chodidla, která jsou se spodní stavbou spojena rameny a hydraulickými válci. Na spodní stavbě je prostřednictvím kulové dráhy uložena otočná deska, do které je vetknut vyvažovací výložník. Ve středu otočné desky je otočně uložen předávací výložník. Strojovnu nese vyvažovací výložník, kde je zároveň umístěn zdvih kolesového výložníku. Kolesový výložník je rozdělen na dvě části tvořící tzv. teleskop. KU 800 má bezkomorové koleso.

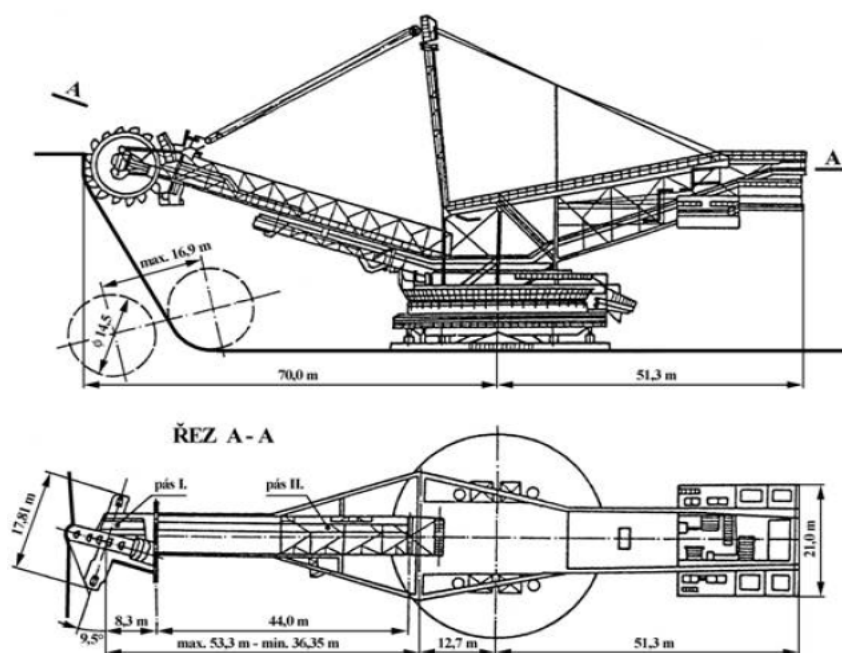


Obr. 2.3 – Rýpadlo KU 300 [11]



Obr. 2.4 – Rýpadlo KU 800 [12]

Nejvyšší výkonnostní třídu reprezentuje kolesové rýpadlo K 10000 (**obr. 2.5 a 2.6**), jehož jmenovitý výkon je $10000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Podvozek je kráčivý, kde náslapné plochy jsou tvořeny centrální kruhovou deskou a mezikružím. Na spodní stavbě je prostřednictvím kulové dráhy uložena otočná deska, do které je vetknut vyvažovací výložník s pohyblivým protizávažím. Kolesový výložník je teleskopický s lanovým výsuvem a zvedán kladkostrojem zdvihu. Předávání těžené zeminy z kolesového výložníku na nakládací výložník je pomocí kruhového dopravníku.



Obr. 2.5 – Schéma rýpadla K 10000 [3]



Obr. 2.6 – Kolesové rýpadlo K 10000 v praxi

3 Kolesové rýpadlo KK 550

Úvodní část této kapitoly bude patřit podmínkám, pro které je rýpadlo navrženo, do jaké oblasti bude nasazeno a ve zkratce si popíšeme i předpokládané složení zeminy. Na konec budou popsány podrobněji hlavní konstrukční skupiny rýpadla.

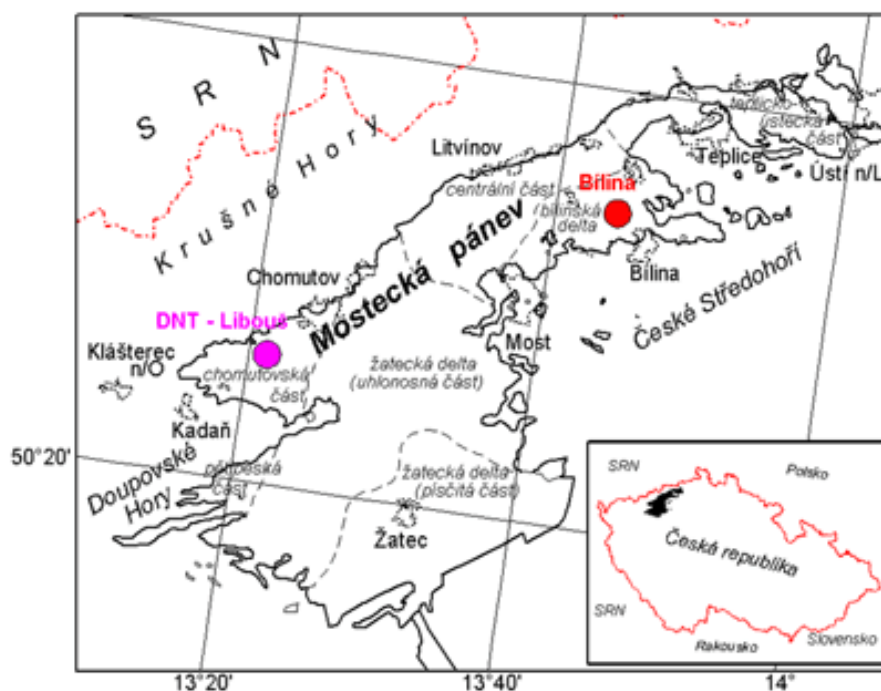
Kolesové rýpadlo KK-550 je navrženo pro Severočeské doly a.s. – přesněji do 6. skrývkového řezu lomu Bílina (**obr. 3.1**). Tento hnědouhelný lom má hloubku přes 200 m a je nejhlubším dolem v mostecké pánvi (**obr. 3.2**) o mocnosti od 25 do 35 m. Po celou dobu životnosti bude rýpadlo těžit zeminu v té nejhlubší části povrchovým způsobem. Geologický profil lomu Bílina je na **obrázku 3.3**. Lom se dá z hlediska složení zeminy rozdělit na dvě velmi odlišné části.

Jižní část je tvořena téměř výhradně subhorizontálně zvrstvenými silně diageneticky zpevněnými jíly s gradujícím obsahem křemenného prachu (jedná se o mechanickou a chemickou změnu zeminy po několik tisíc let). To se projevuje vysokou hustotou materiálu a vysokými pevnostními parametry. Jedná se v podstatě o nejhůře těžitelné jíly v této části mostecké pánve.

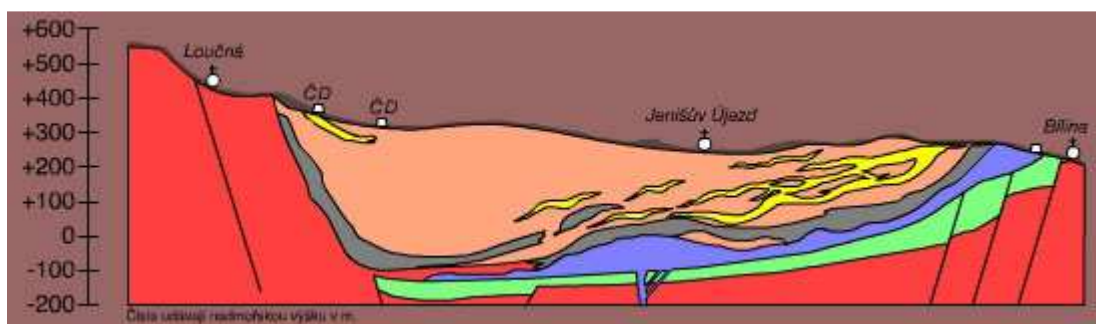
Severní část tvoří tzv. heterogenní systém (min. dvě rozdílné fáze, oddělené fázovým rozhraním, jehož vlastnosti výrazně ovlivňují chování celé soustavy) složeným z vrstev silně prachovitých a písčitých jílu, které v místě zpevnění pískovce dosahují pevnosti skalních hornin (40-120 MPa). Vysoký obsah křemenných zrn v jílech i v píscích je příčinou vysoké abrazivity.



Obr. 3.1 – lom Bílina [8]



Obr. 3.2 – mapa Mostecké pánve [9]



Legenda:

- vulkanické horniny
- jíly
- písky
- masiv Krušných hor
- uhelná sloj
- slánovce

Obr. 3.3 – Geologický profil lomu Bílina [9]

Na níže uvedeném obrázku (**obr. 3.4**) je zobrazeno kolesové rýpadlo KK-550 vymodelované pro studii tohoto rýpadla.



Obr. 3.4 – Model kolesového rýpadla KK-550 [10]

Kolesové rýpadlo KK 550 se skládá z těchto hlavních konstrukčních skupin:

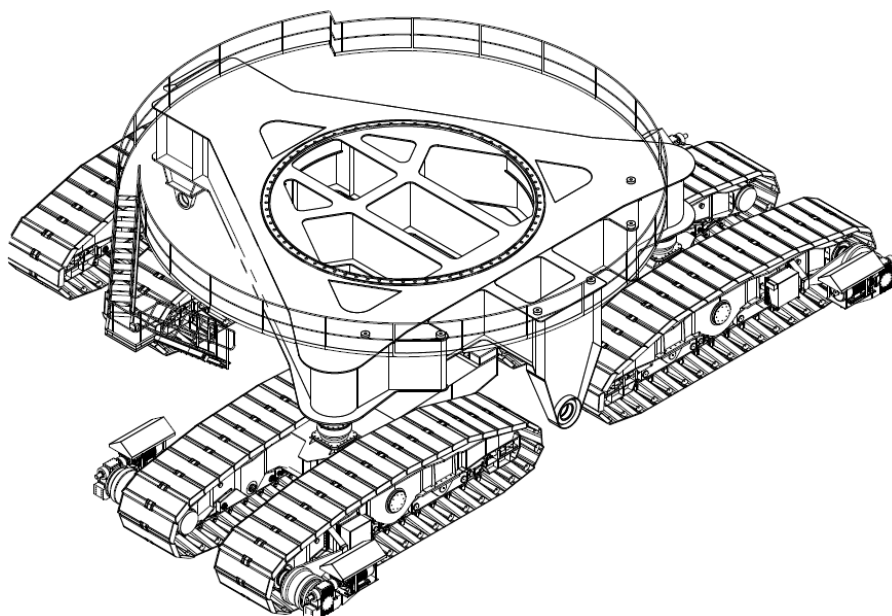
- housenicový podvozek
- Spodní stavba
- Otočná deska s vrchní stavbou
- Předávací výložník
- Vyvažovací výložník
- Kolesový výložník
- Spojovací most a teleskop
- Podpěrný vůz

3.1 Housenicový podvozek

Pojezd kolesového rýpadla KK 550 (**obr. 3.5**) je řešen tříbodovým šestihousenicovým systémem podvozku ve tvaru rovnostranného trojúhelníku se dvěma říditelnými dvojicemi housenic za sebou na straně podepření spojovacího mostu a jednou neříditelnou dvojicí housenic v protilehlém vrcholu. Neříditelná dvojice je spojena se spodní stavbou příčnickem ve funkci křížového čepu. Nejmenší teoretický poloměr zatáčení rýpadla je podle studie 40 m.

Každou housenici pohání jednostranný pohon s asynchronním motorem s kotvou nakrátko o výkonu 75 kW. Dále je poháněcí zařízení tvořeno pružnou spojkou, kotoučovou hydraulickou brzdou a šnekoplanetovou převodovkou připojenou k turasu. Housenicový podvozek tvoří pojezdová a opěrná kola, podpěrné kladky, hnací turas, podélný nosník, napínací ústrojí a samotný článkový pás. Napínání housenicových pásů je hydraulické.

Ocelová konstrukce podvozku, která se skládá z nosičů housenic, příčnicku podvozku, ramen řízení a vahadel jsou skříňové konstrukce z tlustých plechů odlitků.



Obr. 3.5 – Spodní stavba a podvozek kolesového rýpadla KK 550 [5]

3.2 Spodní stavba

Ocelová konstrukce spodní stavby (**obr. 3.5**) je skříňová konstrukce ve tvaru trojúhelníku. V rohu neřiditelné dvojice housenic je připojena konzola pro začepování příčnicku pevné housenice a ve zbývajících dvou rozích je uchycen tubus pro hydraulické vyrovnávání horní stavby rýpadla. Základní konstrukcí prochází kruhový nosník, který podepírá podkladnici pod kulovou dráhu. Na vnitřní straně neřiditelné housenicové dvojici je hlavní přístup na stroj.

3.3 Otočná deska s horní stavbou

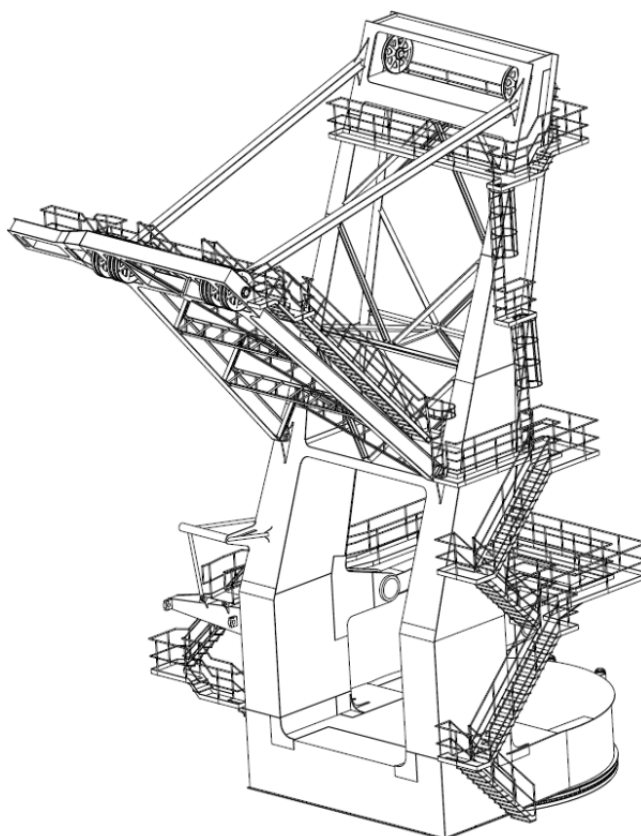
Ocelová konstrukce otočné desky je tvořena uzavřeným kruhovým skořepinovým nosníkem s vnitřními žebry, na který navazují dva sloupy vrchní stavby. Sloupy jsou skříňové konstrukce. Na spodní pásnici je přivařena horní podkladnice kulové dráhy.

Vzpěra zdvihu kolesového výložníku je tvořena příhradovým nosníkem a spolu se sloupy otočné desky tvoří trojúhelník. Na hlavě vzpěry jsou začepovány kladky pro zvedání kolesového výložníku.

Otočná deska s vrchní stavbou (**obr. 3.7**) je uložena na kulové dráze, která je tvořena horními a dolními segmenty, koulemi a vodícími klecemi (**obr. 3.6**). Součástí dolních segmentů je i ozubený věnec otoče. Do ozubeného věnce zabírají dva pohony otoče s regulujícími otáčkami.



Obr. 3.6 – Otoč vrchní stavby kolesového rýpadla



Obr. 3.7 – Otočná deska s vrchní stavbou rýpadla KK 550 [5]

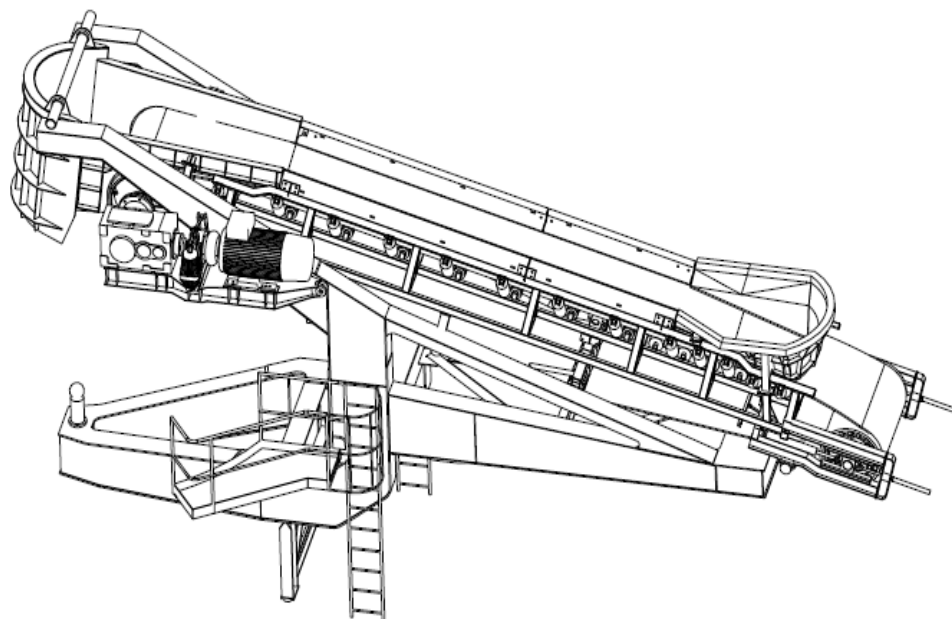
3.4 Předávací výložník

Konstrukce předávacího výložníku (**obr. 3.8**) je tvořena plnostěnnými nosníky. Tato konstrukce je otočně uložena s pomocí ložiska na čepu, který vychází ze středu otočné desky.

Předávací pás vynáší těžný materiál ze středu otočné desky do násypky spojovacího pásu. Na začátku pásu padá materiál z kolesového pásu do násypky obložené otěrovými plechy a na konci pásu je umístěn tlumicí štít vyložený otěrovými lištami.

Horní větev pásu je tvořena pevnými tríválečkovými stolicemi. Dolní dopadové válečky jsou pogumované. Spodní větev pásu je nesena trojicí napínacích válečků a je osazena samostatnou stanicí pro středění pásu. Hnací buben je pogumovaný a je poháněn na jedné straně.

Pohon výložníku je na jedné straně pomocí asynchronního elektromotoru a je umístěn na předávacím konci.

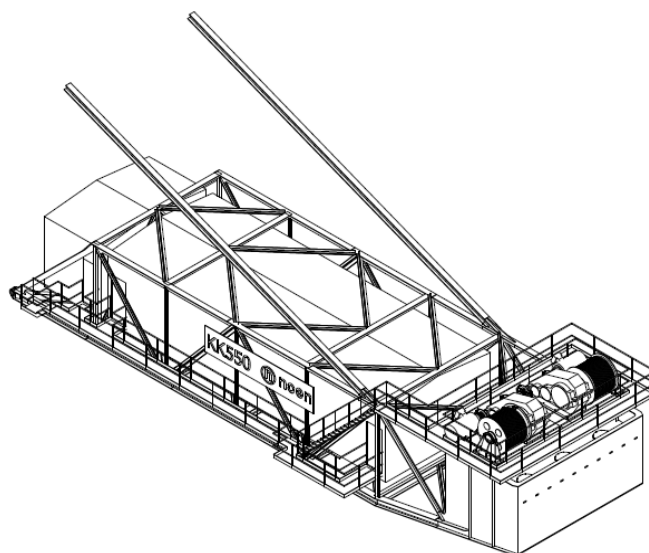


Obr. 3.8 – Předávací výložník rýpadla KK 550 [5]

3.5 Vyvažovací výložník

Konstrukce vyvažovacího výložníku (**obr. 3.9**) je příhradová, zavěšená na sloupech vrchní stavby. Uvnitř konstrukce se nachází rozvodna. V zadní části vyvažovacího výložníku je prostor pro umístění protizávaží.

Na konci vyvažovacího výložníku se nachází dva samostatné kladkostroje se dvěma samostatnými pohony zdvihu pro zdvih kolesového výložníku.

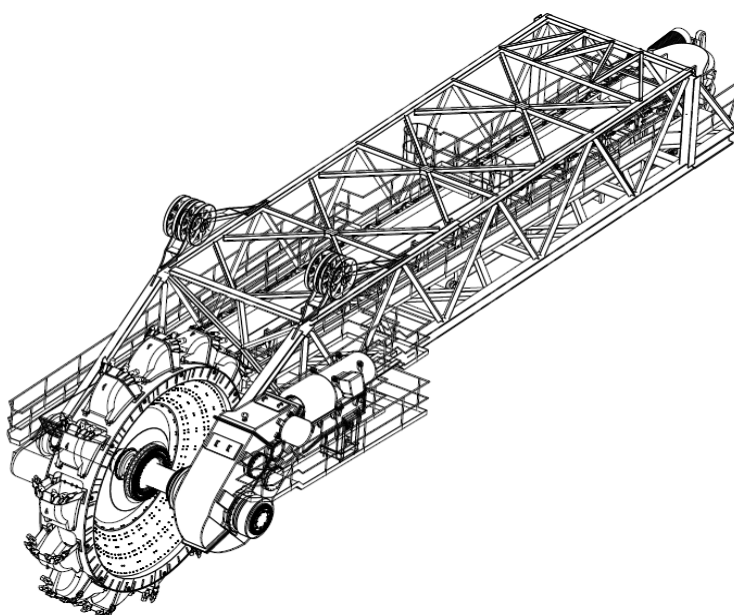


Obr. 3.9 – Vyvažovací výložník rýpadla KK 550 [5]

3.6 Kolesový výložník

Nosná ocelová konstrukce kolesového výložníku (**obr. 3.10**) je příhradová s tubusem, kterým prochází dopravník. Jeho rám je nesený příčkami dolní roviny výložníku. Špička kolesového výložníku je zavěšena na dvou závěsech.

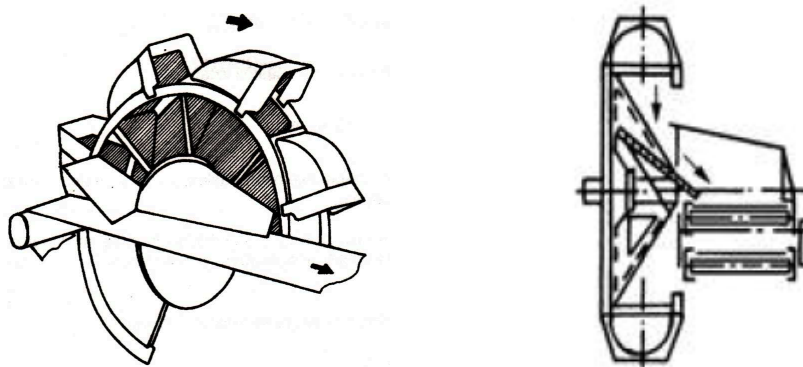
Hřídel kola je uložena na dvojici ložisek v závěsech ocelové konstrukce kolesového výložníku a přenáší jak ohybové zatížení za rotace, tak krouticí moment z převodovky na koleso s korečky. Hřídel, na kterou se připevní koleso, je dutá. Z pohonu kola se krouticí moment na osu kola přenáší pomocí drážkování. Za kolesem na příčnici ocelové konstrukce je přivařen štít, který chrání konstrukci a lávky před přepadávajícími kusy těžného materiálu z korečků.



Obr. 3.10 – Kolesový výložník rýpadla KK 550 [5]

Koleso je jednostěnné bezkomorové (**obr. 3.11**). Tvoří jej prstenec, nosné kužely a disk pro připojení k ose kola. Odtěžený materiál propadává korečky na kuželovou plochu kola chráněnou otěrovými plechy a dále do násypky kolesového pásu. Nosná konstrukce kola je svařena z plechů.

Koreček je složený z odlévané bandáže, na které jsou přivařeny adaptéry pro uložení zubů, a ze svařované korby z ocelových plechů. Bandáž korečku je přičepována ke kolesu a zadní část korečku se na dvou místech opírá o koleso. Každý koreček (celkem 13) je osazen šesti zuby, které jsou z otěruvzdorného materiálu.



Obrázek 3.11 – Schéma vynášení odtěženého materiálu z kola [3]

Obvodová část otěrového prstence je chráněna proti abrazi obkladem z plechů. Stejně tak je chráněna i skluzová část. Proti poškození prstence z důvodu vzpříčení těživa mezi koleso a prstenec je zařízení chráněno střižným kolíkem.

Násypka je řešena jako svařenec z plechů, kde kontaktní plochy jsou obloženy otěruvzdornými plechy. Celá násypka je přišroubována k rámu pásu.

Pohon kola zajišťuje nízkonapěťový asynchronní motor s kotvou nakrátko o výkonu 690 kW. Pohon je chráněn proti přepadávajícím kusům těžného materiálu krytem.

Materiál vysypaný z kola přichází přes skluz otěrového prstence do násypky, kde je usměrněn do směru pohybu pásu. Pás je vybaven indikací kovových předmětů a dalšími bezpečnostními prvky.

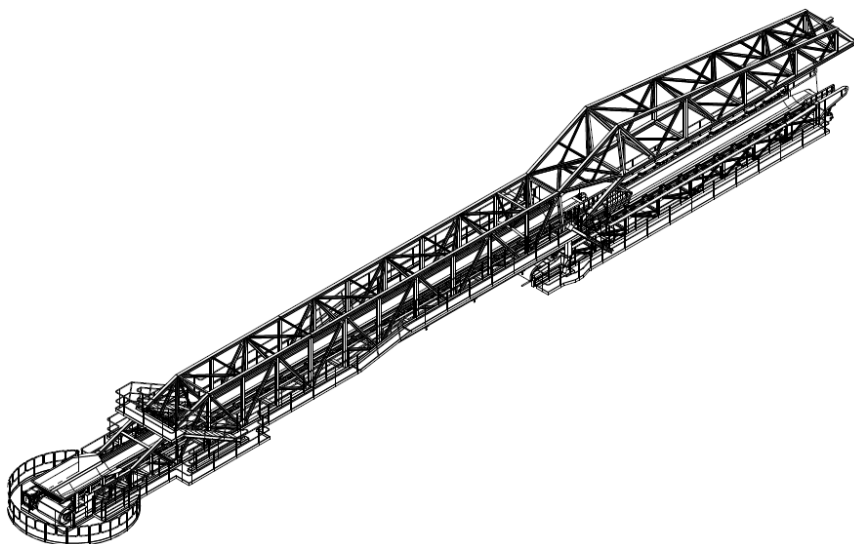
Horní větev pásu je tvořena triválečkovými stolicemi zavěšenými na lanech. Spodní větev je nesená diskovými stolicemi a dvojicí napínacích válců. Hnací i hnaný buben je pogumovaný.

Pohon kolesového dopravníku je jednostranný a je umístěn na předávacím konci pásu. Tvoří jej nízkonapěťový asynchronní elektromotor s kotvou nakrátko.

3.7 Spojovací most a teleskop

Ocelová konstrukce spojovacího mostu (**obr. 3.12**) je tvořena příhradovou konstrukcí s obdélníkovým příčným průřezem a proměnnou výškou. Na jedné straně se spojovací most opírá o kulový čep předávacího výložníku a na druhé straně o vahadla podpěrného vozu s pojezdovými kladkami. Dovnitř ocelové konstrukce je vevařen rám pásu. Kruhovlá lávka je otočně uložena na dvou čepích.

Ocelová konstrukce teleskopu (**obr. 3.12**) je tvořena příhradovou konstrukcí a v příčném průřezu má tvar písmene H. Přední část je podvěšena pod spojovacím mostem a opěrné kladky pojíždí po dolním nosníku spojovacího mostu. V zadní části přechází příhradová konstrukce do plnostěnného nosu, který je začepován do otočného trámce na podpěrném voze. Při pohybu stroje nebo podpěrného vozu se teleskop zasouvá nebo vysouvá pod spojovacím mostem.



Obr. 3.12 – Spojovací most a teleskop rýpadla KK 550 [5]

Z předávacího pásu padá materiál na spojovací pás. V přesypu je materiál usměrněn bočnicemi a padá v přímém směru na pás teleskopu, po kterém je dopraven do středního přesypu na podpěrném voze.

Horní větev pásů je tvořena tříválečkovými stolicemi zavěšenými na lanech.

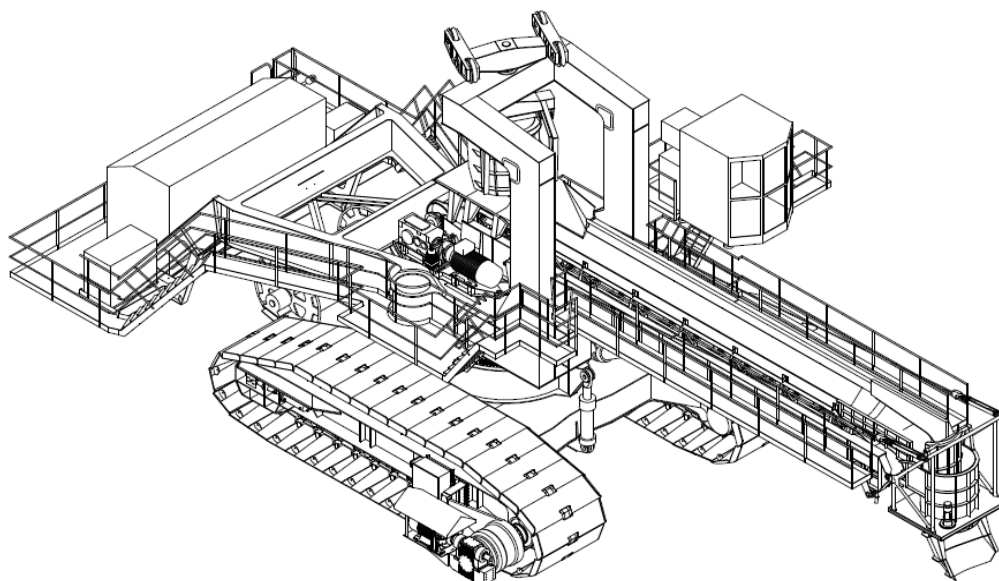
V místě dopadu materiálu jsou použity pevné válečkové stolice. Spodní větve jsou nesené diskovými stolicemi a napínacími válci.

Hnací bubny jsou pogumovány a k připojení pohonu zde slouží příruba na jedné straně bubnu. Vratné bubny jsou taktéž pogumovány a slouží k napínání pásu.

Pohon spojovacího pásu i teleskopu je na jedné straně a tvoří ho nízkonapěťový asynchronní elektromotor s kotvou nakrátko.

3.8 Podpěrný vůz

Podpěrný vůz (**obr. 3.13**) se skládá z podvozku, vyrovnávací desky, otočné vrchní stavby a nakládacího výložníku.



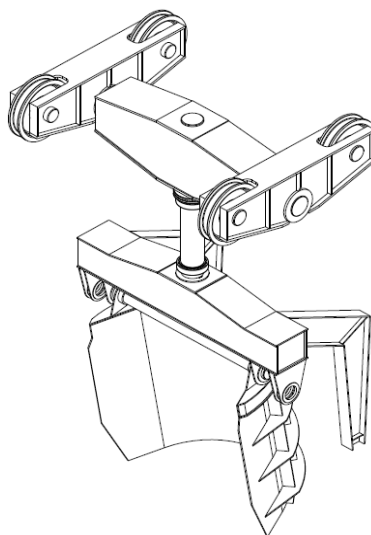
Obr. 3.13 – Podpěrný vůz rýpadla KK 550 [5]

Podvozek podpěrného vozu je dvouhousenicový. Ocelovou konstrukci tvoří pevný rám ve tvaru písmene H, jehož součástí jsou i nosiče housenic. Mechanické části podvozku jsou totožné s prvky hlavního podvozku stroje (pohon, napínání, hnací turas, pojezdová a opěrná kola, atd.). Napínání housenicových pásů je hydraulické.

Pojezd podpěrného vozu je zajištěn pohony na jedné straně housenic, a to asynchronním elektromotorem s kotvou nakrátko. Zatáčet lze kolem stojící housenice nebo protichodem.

Ocelová konstrukce otočné vrchní stavby podpěrného vozu se skládá z uzavřeného kruhového nosníku, sloupů pro podepření spojovacího mostu a příhradové konstrukce. Sloupy vycházejí z kruhového nosníku a mají tvar písmene C. Sloupy jsou plnostěnné skříňové konstrukce a jsou v horní části spojeny.

Ve středu, kde se sloupky spojují, se nachází uložení spojovacího mostu a teleskopu (**obr. 3.14**). Dvě nezávislá vahadla s koly pojíždí po kolejnici na spojovacím mostě a zároveň ho podepírají.



Obr. 3.14 – Uložení spojovacího mostu a teleskopu rýpadla KK 550 [5]

Otoč vrchní stavby podpěrného vozu (**obr. 3.15**) se skládá z pohonu otoče, ložiska a ozubeného věnce. Pohon je sestaven z motoru, spojky, brzdy a kuželoplanetové převodovky. Pastorek na výstupu z převodovky zabírá do vnějšího ozubeného věnce, který je společně se spodní částí ložiska přišroubován k vyrovnávací desce.

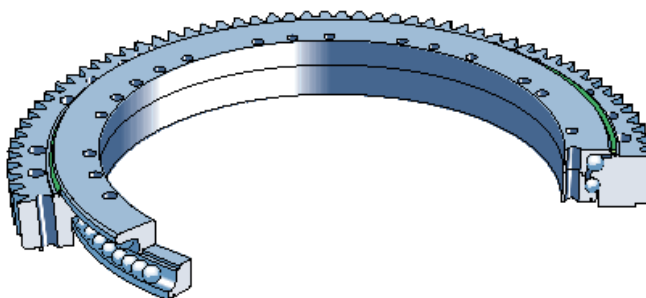
Nakládací výložník je tvořen příhradovou ocelovou konstrukcí. Výložník je začepován na otočné desce podpěrného vozu.

Nakládací pás s oboustrannou obslužnou lávkou vynáší těžný materiál ze středu otočné desky podpěrného vozu do otočné výsypky a je vybaven stejnými bezpečnostními prvky, jako ostatní dopravníky.

Horní větev pásu je tvořena tráváleckovými stolicemi. Spodní větev je nesená pěti napínacími válci. Čištění pásu je zajištěno pluhovým stěračem na čisté straně pásu před napínacím bubnem a stěračem pásu u hnacího bubnu.

Pohon nakládacího pásu je umístěný vedle násypky pásu a je pouze na jedné straně. Tvoří ho nízkonapěťový asynchronní elektromotor s kotvou nakrátko, pružná spojka, bubnová brzda a kuželočelní převodovka.

Mazání podpěrného vozu zajišťuje centrální mazací systém.



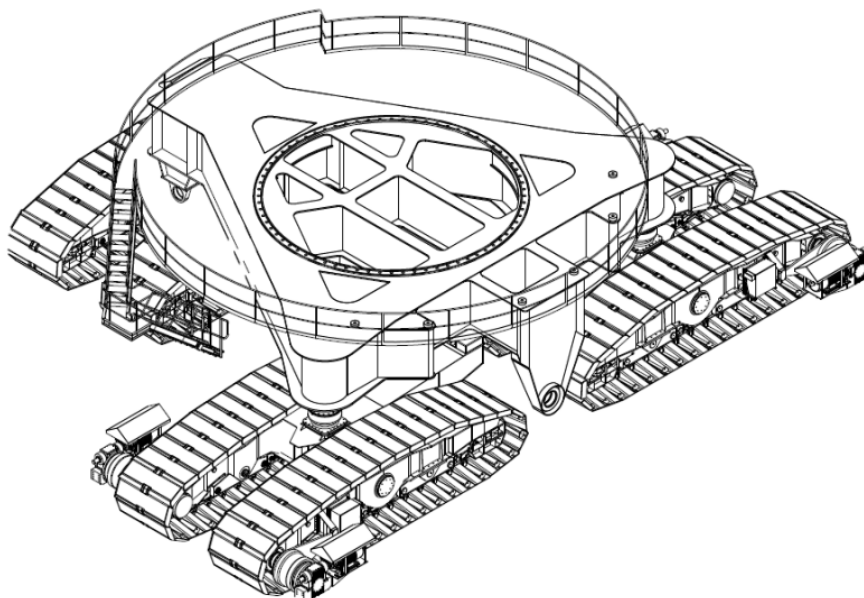
Obr. 3.15 – Otoč vrchní stavby podpěrného vozu

4 Vyrovnávání horní stavby rýpadla

V této části kapitoly by bylo vhodné říci si něco o systému housenicového podvozku, principu vyrovnávání horní stavby kolesového rýpadla a důvodech, které vedou k samotnému použití vyrovnávání pomocí hydraulických válců.

Důvod, proč je dobré u tohoto rýpadla použít hydraulické vyrovnávání vrchní stavby, je dán typem práce, kterou bude vykonávat. Toto rýpadlo bude těžit zeminu na 6. skrývkovém řezu (tj. posledním řezu nad uhelnou slojí). To znamená, že bude dělat planýrování – urovnávání roviny pod určitým sklonem. Jelikož sklon uhelné sloje může být větší, než je možné rýpat jiným bagrem (např. kolesové rýpadlo KU 800 má maximální sklon při rýpání 4°), je třeba zvětšit sklon rýpání. Tím, že se u rýpadla KK-550 použije toto vyrovnávání horní stavby, získá se sklon při rýpání až $6,34^\circ$. Práce v takovém sklonu nemá potom tak zásadní vliv na stabilitu stroje.

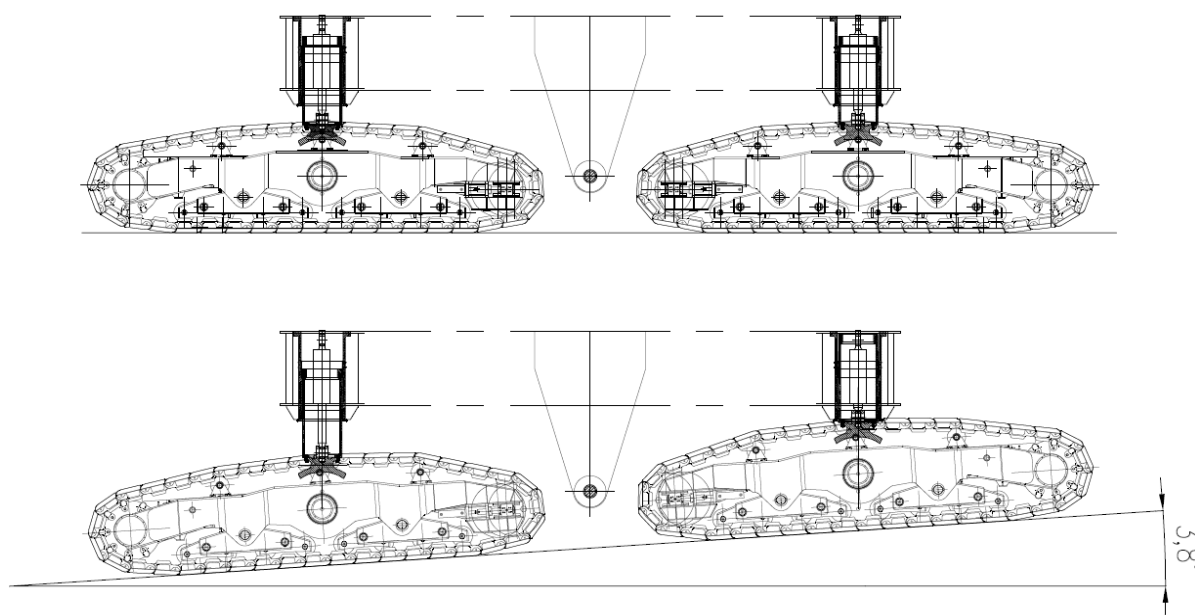
Pojezd kolesového rýpadla KK-550 (**obr. 4.1**) je řešen tříbodovým šestihousenicovým systémem podvozku ve tvaru rovnostranného trojúhelníku se dvěma řiditelnými dvojicemi housenic za sebou na straně podepření spojovacího mostu a jednou neřiditelnou dvojicí housenic v protilehlém vrcholu. Každou housenici pohání jednostranný pohon s asynchronním motorem s kotvou nakrátko. Napínání housenicových pásů je hydraulické.



Obr. 4.1 – Spodní stavba a podvozek rýpadla KK 550 [5]

Vyrovnávání vrchní stavby rýpadla zajišťují dva hydraulické válce, které pracují při maximálním provozním tlaku až 700 barů. Každý válec je začepován v teleskopickém tubusu, který přenáší boční síly od podvozků. Vnější tubusy jsou zavařeny ve dvou rozích spodní stavby. Uvnitř se po klouzátkách pohybuje vnitřní tubus s kulovou pánví, která se opírá o čochu na příčnici říditelného podvozku. Princip vyrovnávání pásového podvozku kolesového rýpadla KK 550 je zobrazen na **obrázku 4.2**.

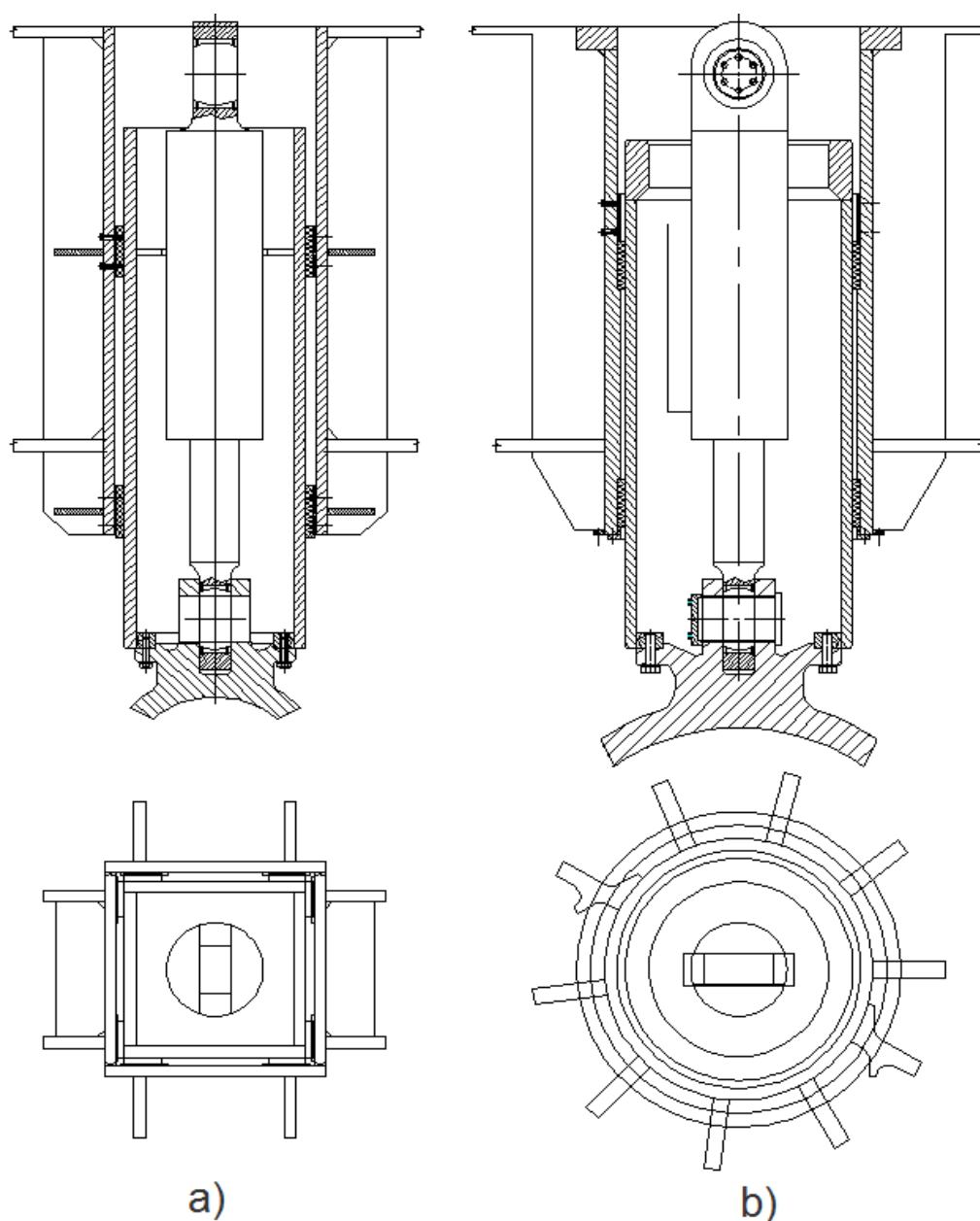
Vyrovnávání horní stavby je zajištěno v obou směrech pojezdu do náklonu 1:15 a do příčného náklonu 1:20. Náklon otočného svršku je kontrolován dvouosým sklonoměrem.



Obr. 4.2 – Princip vyrovnávání vrchní stavby rýpadla

5 Pevnostní kontrola vyrovnávacího zařízení

Dříve, než se pustíme do samotného výpočtu, je třeba zvážit provedení konstrukce teleskopické části, která přenáší boční síly vznikající při práci kolesového rýpadla. Prakticky se dá uvažovat o dvou typech provedení: svařovaný profil čtvercového průřezu (**obr. 5.1a**) nebo profil kruhového průřezu (**obr. 5.1b**). Kruhový průřez má jednu velkou výhodu a to jednodušší konstrukci, která se nemusí svařovat, na rozdíl od čtvercového průřezu. Z tohoto důvodu volím kruhový průřez teleskopické části vyrovnávacího zařízení.



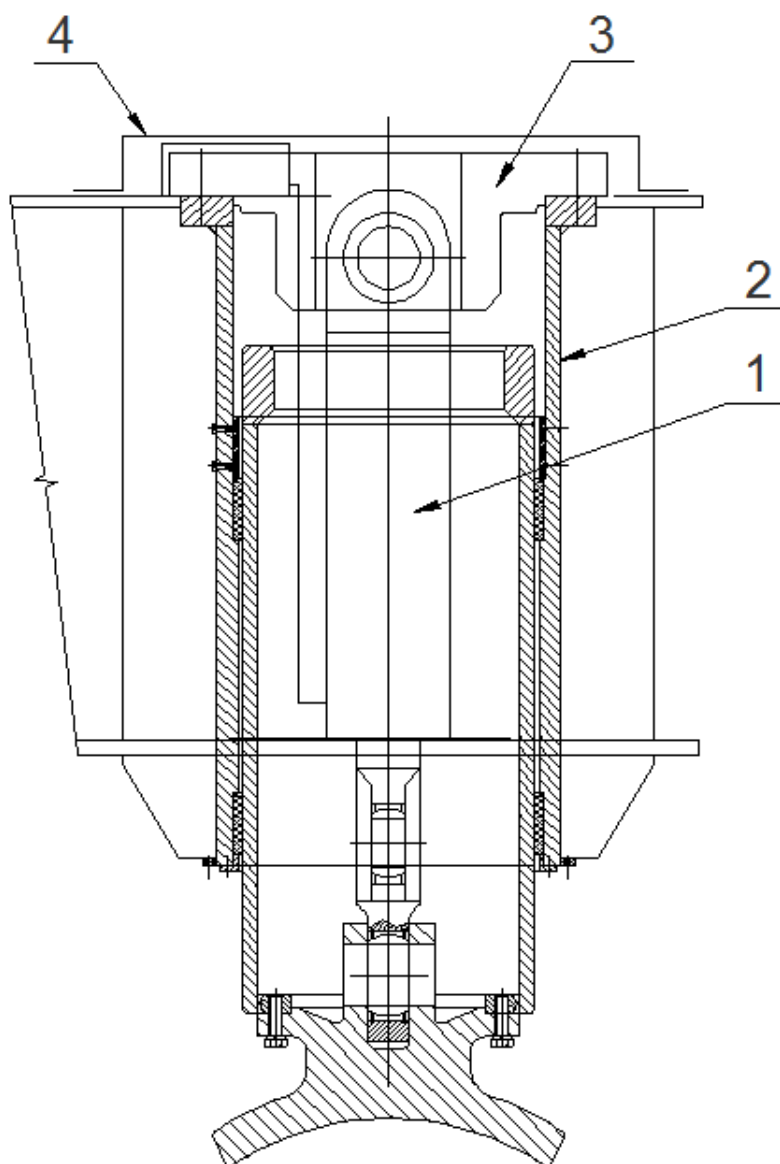
Obr. 5.1 – Konstrukční možnosti teleskopické části vyrovnávacího zařízení

a) – čtvercový průřez; b) kruhový průřez

Nyní když víme, jaký profil bude mít teleskopická část, popíšeme si postup výpočtu. Nejdříve bude nutné určit velikost a směr síly, která působí na toto zařízení. Od toho se potom bude odvíjet celý další postup výpočtu. Poté můžeme určit velikost a typ hydraulických válců, které budou vyrovnávat vlastní spodní stavbu kolesového rýpadla.

Další krok bude návrh a pevnostní kontrola oka pístnice, které bude uchyceno pomocí metrického závitu. Na opačné straně hydraulického válce bude přivařeno oko válce, které bude navrženo a opět zkontrolováno.

Na vrchní části teleskopu bude ležet příčník, který bude navržen a vhodně zkontrolován. Poslední částí výpočtové části bude návrh a kontrola vnitřního dílu teleskopu.



Obr. 5.2 – Zjednodušené schéma vyrovnávacího zařízení

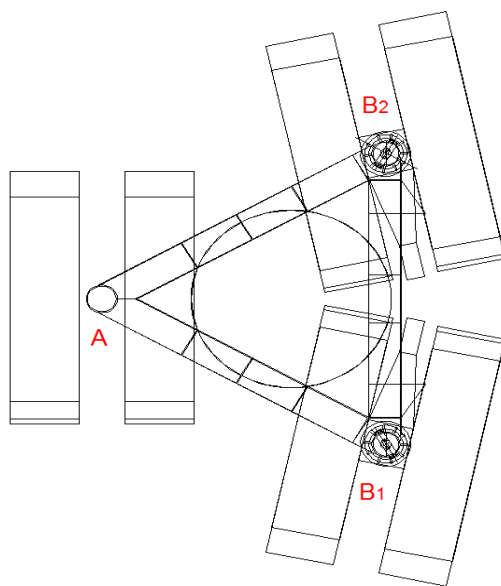
1 – hydraulický válec, 2 – teleskop, 3 – příčník, 4 – víko

5.1 Maximální síla působící na válce vyrovnávání spodní stavby

Maximální síla, která působí na válce, je dána polohou stroje, hmotností a dalšími veličinami, se kterými se u takto velkých strojů musí počítat. Tyto hodnoty nelze jen tak určit výpočtem a jsou tedy převzaty ze studie kolesového rypadla KK550 a uvedeny v **tabulce 5.1**. Jednotlivé body podvozku jsou znázorněny na **obrázku 5.3**.

Tab. 5.1 – hodnoty sil působících na jednotlivé části podvozku [5]

	V bodě A [kN]	V bodě B ₁ [kN]	V bodě B ₂ [kN]
Vlastní váha	-2012,1	-2401,8	-3456,2
Materiál	-85,899	-143,37	1,9001
Náklon – vlastní váha	424,17	95,572	-499,33
Náklon – materiál	11,682	-1,1031	-10,459
Obvodová rypná síla	17,006	24,882	-104,13
Radiální rypná síla	305,84	410,49	-505,41
Boční rypná síla	106,54	-105,31	-4,3339
Vítr	187,54	72,959	-243,38



Obr 5.3 – zjednodušené schéma podvozku KK-550

Velikost maximální síly, která bude působit na válec, bude tedy dána součtem jednotlivých složek v daném bodě. V tomto případě bude maximální síla působit v bodě B₂.

$$F_{Vmax} = -3456,2 + 1,9001 - 499,33 - 10,459 - 104,13 - 505,41 - 4,3339 - 243,38 \quad (1)$$

$$F_{Vmax} \cong 4822 \text{ [kN]}$$

5.2 Návrh hydraulického válce

Pro dobré zkušenosti zadavatele s firmou ENERPAC budu vycházet z nabídky této firmy. Pro návrh hydraulických válců je potřeba znát požadavky a podmínky, ve kterých budou pracovat. Tyto požadavky jsou uvedeny v **tabulce 5.2**.

Tab. 5.2 – Požadavky pro návrh hydraulického válce

Název	Označení	Hodnota	Jednotka
Zdvih	H_p	850	[mm]
Max. síla při vysouvání (ze studie)	$F_{PV_{Smax}}$	4586	[kN]
Max. síla při vysouvání (pro návrh)	F_{Pmax}	5300	[kN]
Síla při zasouvání válce (ze studie)	F_Z	1500	[kN]

Maximální síla při vysouvání hydraulického válce potřebná pro návrh, se musí z důvodu návrhu nadhodnotit koeficientem minimálně 1,15. Síla pro zasouvání válce drží podvozek při porušení stability stroje. Válec přenáší pouze osově síly, boční síly jsou přenášeny tubusy, ve kterých je válec umístěn. Návrh a výpočet těchto tubusů je v následující kapitole.

Pro zadané podmínky je nejvhodnější a vyhovuje dvojčinný univerzální hydraulický válec od firmy ENERPAC [7]:

Hydraulický válec RR-50036 - 520t

V **tabulce 5.3** nalezneme základní parametry zvoleného hydraulického válce. Úplné technické informace viz **příloha A**.

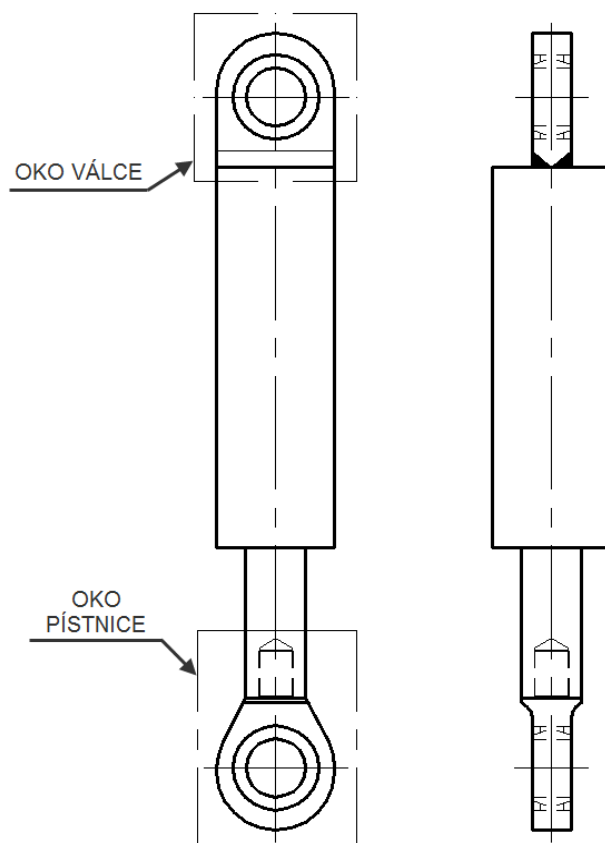
Tab. 5.3 – Základní parametry navrženého válce [7]

Název	Označení	Hodnota	Jednotka
Max. zatížení v tlaku	F_{pv}	5108	[kN]
Max. zatížení v tahu	F_{tv}	2838	[kN]
Max. zdvih	H_v	915	[mm]
Vnější průměr válce	D_v	397	[mm]
Průměr pístu	D_p	203,2	[mm]



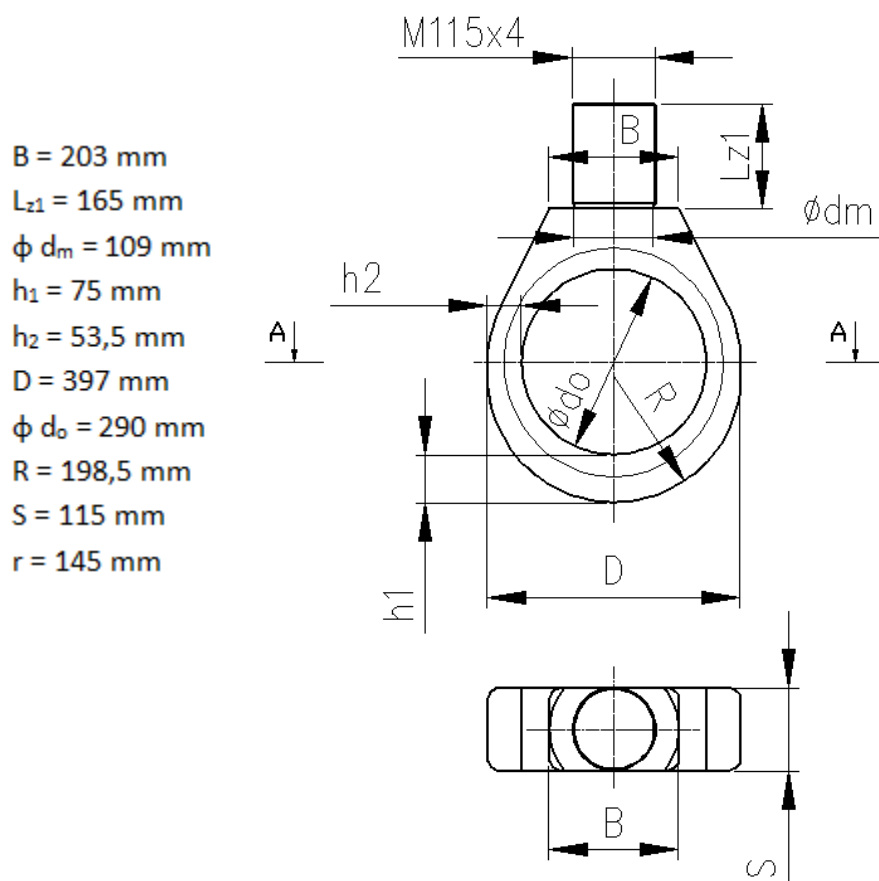
Obr. 5.4a – Ukázka hydraulických válců firmy ENERPAC [8]

Hydraulický válec bude nutné opatřit z obou konců oky pro začepování (**obr. 5.4b**). Uchycení oka pístnice bude pomocí metrického závitu, uchycení oka válce bude navařeno. Viz výrobní výkresy „OKO PÍSTNICE“ a „OKO VÁLCE“. V následujících kapitolách bude proveden návrh a pevnostní kontrola těchto ok.



Obr. 5.4b – Schéma umístění ok na hydraulickém válci

5.3 Návrh a kontrola oka pístonice



Obr. 5.5 – Rozměry oka pístonice

V **tabulce 5.4** jsou zapsány hodnoty potřebné pro výpočet oka pístonice.

Tab. 5.4 – Hodnoty potřebné pro návrh a kontrolu oka pístonice

Název	Označení	Hodnota	Jednotka
Max. zatížení v tlaku	F_{pV}	5108	[kN]
Max. síla při vysouvání (ze studie)	F_{pVSmax}	4586	[kN]
Max. tahová síla - váha podvozku	F_{tp}	1160	[kN]
Materiál	15 142.6	-	-
Mez kluzu v tahu	R_e	539	[MPa]
Součinitel materiálu	γ_m	1,15	[-]
Vůle uložení čepu	v_1	1	[mm]
Součinitel statické bezpečnosti	k_s	4	[-]

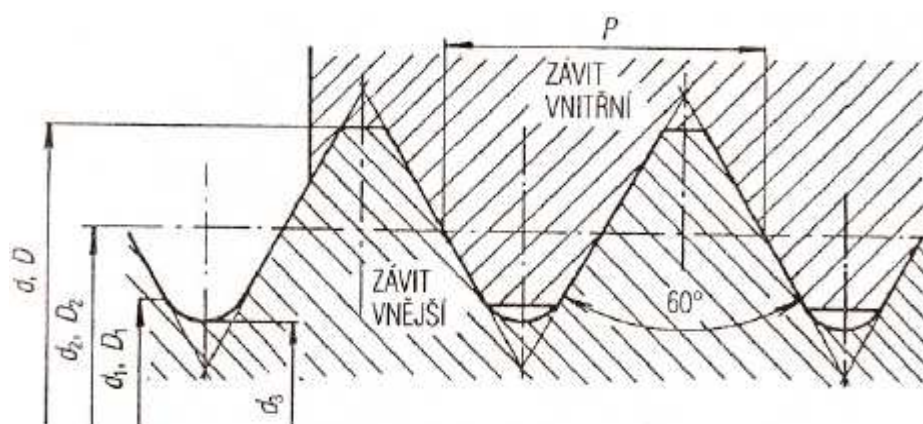
Návrh závitu na oku pístnice:

Při návrhu závitu na oku pístnice budu vycházet z podmínky tahu od síly F_{tp} .

$$\frac{Re}{k_s} \geq \frac{F_{tp} \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot d'_3}{4}} \Rightarrow d'_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{tp} \cdot 10^3 \cdot k_s}{Re \cdot \pi}} \quad (2)$$

$$d'_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1160 \cdot 10^3 \cdot 4}{539 \cdot \pi}} = 104,69 \text{ [mm]}$$

Podle vypočteného průměru $d'_3 = 104,69 \text{ [mm]}$ volím závit **M115x4-6g**, kde další parametry závitu jsou uvedeny níže v **tabulce 5.5** a na **obr. 5.6**.



Obr. 5.6 – Rozměry metrického závitu [1]

Tab. 5.5 – Rozměry metrického závitu M115x4 [1]

Název	Označení	Hodnota	Jednotka
Velký průměr závitu	d	115	[mm]
Malý průměr závitu	d ₁	110,670	[mm]
Střední průměr závitu	d ₂	112,402	[mm]
Nejmenší průměr závitu	d ₃	110,093	[mm]
Rozteč	P	4	[mm]

Kontrola tlaku v závitu:

$$p = \frac{F_{tp} \cdot 10^3}{z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1} = \frac{F_{tp} \cdot 10^3}{\frac{L_{z1}^*}{P} \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \frac{d - d_1}{2}} = \frac{1160 \cdot 10^3}{\frac{160}{4} \cdot \pi \cdot 112,402 \cdot \frac{115 - 110,67}{2}} \quad (3)$$

$$p = 37,9 \text{ [MPa]} \leq p_d = 124,0 \text{ [MPa]} \quad (4)$$

Činná délka závitu:

$$L_{z1}^* = 0,97 \cdot L_{z1} = 0,97 \cdot 165 \cong 160 \text{ [mm]} \quad (5)$$

Dovolený tlak v závitu:

$$p_d = 0,23 \cdot Re = 0,23 \cdot 539 = 124,0 \text{ [MPa]} \quad (6)$$

Kontrola závitu na tlak **VYHOVUJE**.

Kontrola oka pístnice:

Nejdříve se vypočítá napětí v řezu A-A (viz **obr. 5.5**).

$$\sigma_{1max} = \frac{F_{tp} \cdot 10^3}{2 \cdot S \cdot h_2} \cdot \alpha_{sk} = \frac{1160 \cdot 10^3}{2 \cdot 115 \cdot 53,5} \cdot 2,6 = 245,1 \text{ [MPa]} \quad (7)$$

$$\sigma_{1max} = 245,1 \text{ [MPa]} \leq \sigma_d = 468,7 \text{ [MPa]} \quad (8)$$

Kontrola napětí v řezu A-A u oka pístnice **VYHOVUJE**.

Výpočet dílčích veličin je uveden níže. Některé z nich jsou odečteny z grafu na základě odpovídajících potřebných hodnot:

Dovolené napětí:

$$\sigma_d = \frac{Re}{\gamma_m} = \frac{539}{1,15} = 468,7 \text{ [MPa]} \quad (9)$$

Ideální tvarový součinitel při ohybu (**obr. 5.7**):

$$\alpha = 2,3 \text{ [-]} \rightarrow \text{pro } v \text{ li } 1 \text{ mm, } \lambda = 1,36897 \text{ a } h_1/h_2 = 1,40187$$

Poměr korekčního tvarového součinitele a ideálního tvarového součinitele (**obr. 5.7**):

$$\alpha'/\alpha = 1,62 \text{ [-]} \rightarrow \text{pro } B/r = 1,4 \text{ a } \lambda = 1,36897$$

Korekční tvarový součinitel:

$$\alpha' = 1,62 \cdot \alpha = 1,62 \cdot 2,3 = 3,726 \text{ [-]} \quad (10)$$

Skutečný tvarový součinitel (**obr. 5.7**):

$$\alpha_{sk} = 2,6 \text{ [-]} \rightarrow \text{pro } \alpha' = 3,726 \text{ a vůli } 1 \text{ mm}$$

Poměr šířky dřívku a vnitřního poloměru oka:

$$\frac{B}{r} = \frac{203}{145} = 1,4 \text{ [-]} \quad (11)$$

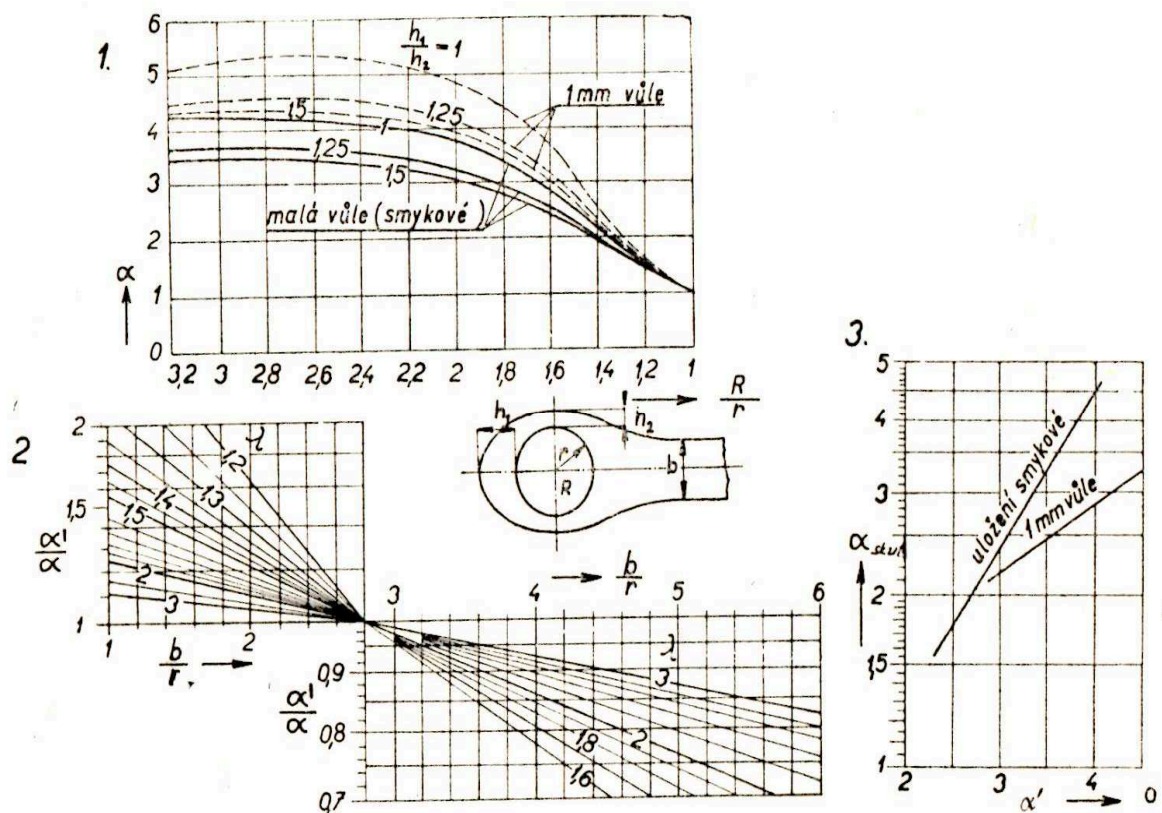
Poměr výšek osového a sdruženého hlavního průřezu:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{75}{53,5} = 1,40187 \text{ [-]} \quad (12)$$

Poměr vnějšího a vnitřního poloměru oka:

$$\lambda = \frac{R}{r} = \frac{198,5}{145} = 1,36897 \text{ [-]} \quad (13)$$

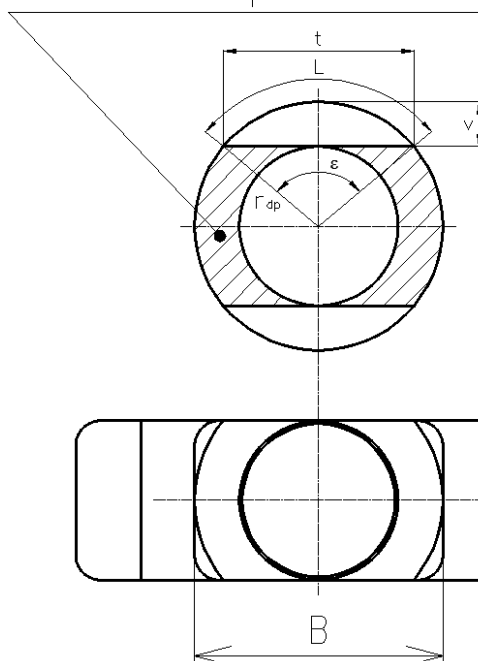
Kontrola na únavu se neprovádí, protože tahové zatížení přichází v úvahu výjimečně při klopení stroje.



Obr. 5.7 – Diagram pro výpočet tvarových součinitelů [2]

Výpočet tlaku v dosedací ploše:

Dosedací plocha 21619 mm^2



$r_{dp} = 101,5 \text{ mm}$
 $L = 98,32 \text{ mm (*)}$
 $t = 167,3 \text{ mm (*)}$
 $v = 44 \text{ mm}$
 $B = 203 \text{ mm}$
 $S = 115 \text{ mm}$
 $\epsilon = 111^\circ$

* - odměřeno z AutoCadu

Obr. 5.8 – Rozměry dosedací plochy oka pístnice

Nejdříve se vypočte obsah dosedací plochy, ze které potom vypočteme maximální tlak z maximálního tlaku válce a váhy stroje.

$$C = C_1 - 2 \cdot C_2 = 21978 - 2 \cdot 179,5 = 21619 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (14)$$

$$C_1 = \frac{\pi \cdot (B^2 - S^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (203^2 - 115^2)}{4} = 21978 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (15)$$

$$C_2 = \frac{1}{2} \cdot [r_{dp} \cdot L - t \cdot (r_{dp} - v)] \quad (16)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot [101,5 \cdot 98,32 - 167,3 \cdot (101,5 - 44)]$$

$$C_2 = 179,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

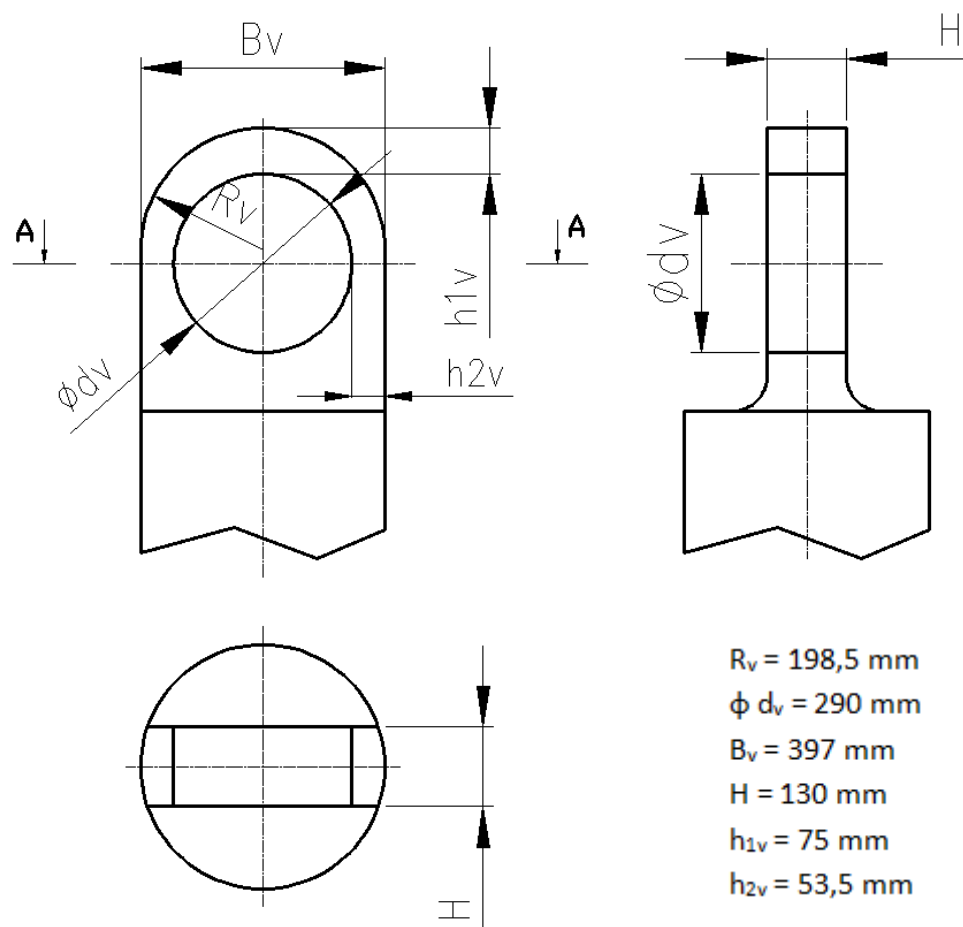
a) z maximálního tlaku válce:

$$p_{tv} = \frac{F_{pV} \cdot 10^3}{C} = \frac{5108 \cdot 10^3}{21619} = 236,3 \text{ [MPa]} \quad (17)$$

b) z váhy stroje:

$$p_{vs} = \frac{F_{pVS} \cdot 10^3}{C} = \frac{4586 \cdot 10^3}{21619} = 212,1 \text{ [MPa]} \quad (18)$$

5.4 Návrh a kontrola oka válce



Obr. 5.9 – Rozměry oka válce

V **tabulce 5.6** jsou zapsány hodnoty potřebné pro výpočet oka válce.

Tab. 5.6 – Hodnoty potřebné pro návrh a kontrolu oka válce

Název	Označení	Hodnota	Jednotka
Max. tahová síla - váha podvozku	F_{tp}	1160	[kN]
Materiál	15 142.6	-	-
Mez kluzu v tahu	R_e	539	[MPa]
Součinitel materiálu	γ_m	1,15	[-]
Vůle uložení čepu	v_2	1	[mm]

Kontrola oka válce:

Výpočet napětí v řezu A-A (viz **obr. 5.9**).

$$\sigma_{2max} = \frac{F_{tp} \cdot 10^3}{2 \cdot H \cdot h_{2v}} \cdot \alpha_{sk} = \frac{1160 \cdot 10^3}{2 \cdot 130 \cdot 53,5} \cdot 1,9 = 158,4 \text{ [MPa]} \quad (19)$$

$$\sigma_{2max} = 158,4 \text{ [MPa]} \leq \sigma_d = 468,7 \text{ [MPa]} \quad (20)$$

Kontrola napětí v řezu A-A u oka válce **VYHOVUJE**.

Výpočet dílčích veličin je uveden níže. Některé z nich jsou odečteny z grafu na základě odpovídajících potřebných hodnot:

Dovolené napětí:

$$\sigma_d = \frac{Re}{\gamma_m} = \frac{539}{1,15} = 468,7 \text{ [MPa]} \quad (21)$$

Ideální tvarový součinitel při ohybu (**obr. 5.7**):

$$\alpha = 2,3 \text{ [-]} \rightarrow \text{pro } v \text{ůli } 1 \text{ mm, } \lambda = 1,36897 \text{ a } h_{1v}/h_{2v} = 1,40187$$

Poměr korekčního tvarového součinitele a ideálního tvarového součinitele (**obr. 5.7**):

$$\alpha'/\alpha = 1,06 \text{ [-]} \rightarrow \text{pro } B_v/r_v = 2,73793 \text{ a } \lambda = 1,36897$$

Korekční tvarový součinitel:

$$\alpha' = 1,06 \cdot \alpha = 1,06 \cdot 2,3 = 2,438 \text{ [-]} \quad (22)$$

Skutečný tvarový součinitel (**obr. 5.7**):

$$\alpha_{sk} = 1,9 \text{ [-]} \rightarrow \text{pro } \alpha' = 2,438 \text{ a } v \text{ůli } 1 \text{ mm}$$

Poměr šířky dříku a vnitřního poloměru oka:

$$\frac{B_v}{r_v} = \frac{397}{145} = 2,73793 \text{ [-]} \quad (23)$$

Poměr výšek osového a sdruženého hlavního průřezu:

$$\frac{h_{1v}}{h_{2v}} = \frac{75}{53,5} = 1,40187 \quad [-] \quad (24)$$

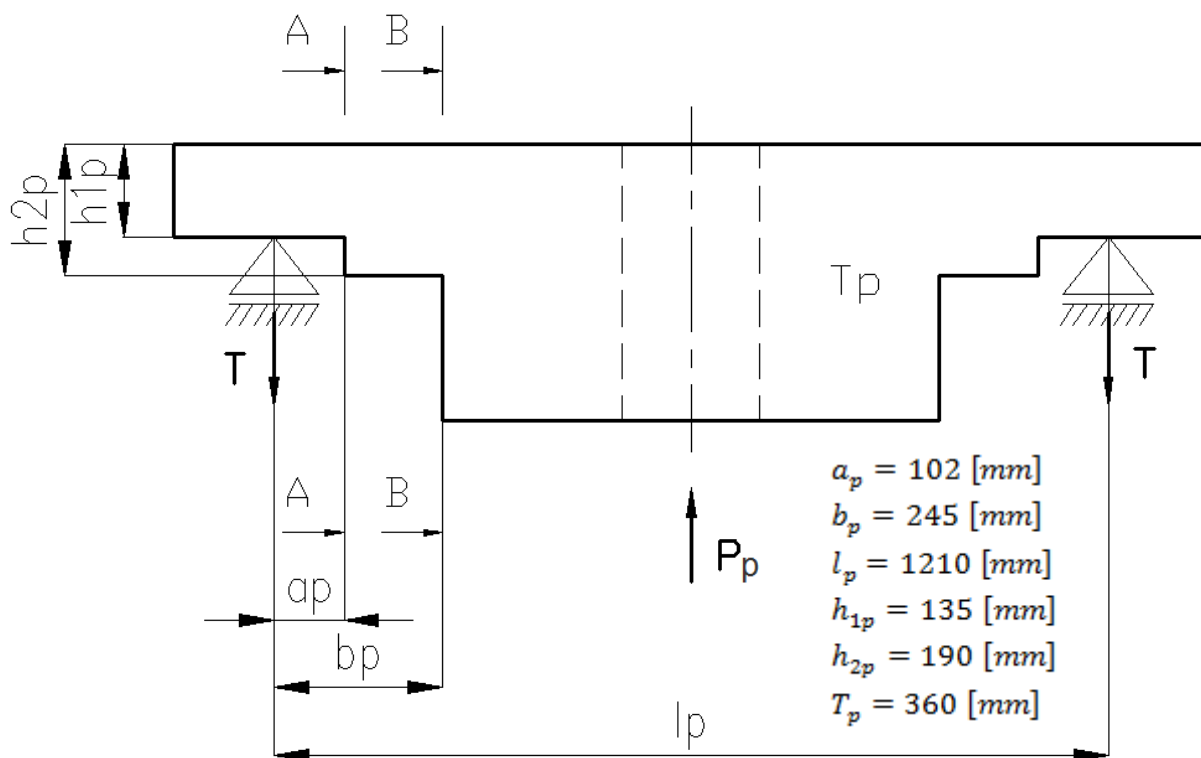
Poměr vnějšího a vnitřního poloměru oka:

$$\lambda = \frac{R_v}{r_v} = \frac{198,5}{145} = 1,36897 \quad [-] \quad (25)$$

Kontrola na únavu se neprovádí, protože tahové zatížení přichází v úvahu výjimečně při klopení stroje.

5.5 Návrh a kontrola příčnicku

Příčník, který je umístěný na teleskopu, je silně namáhaný silou P (obr. 5.10). Kontrola tohoto příčnicku se bude provádět ve dvou řezech, které jsou nejkritičtější. Z výsledných vypočtených hodnot se potom zvolí materiál, ze kterého bude příčník vyrobený.



Obr. 5.10 – Rozměry příčnicku

Výpočet sil P a T působících na příčník:

Pro výpočet sil, která působí na příčník, musíme vycházet z maximální normálové síly, která působí na předním válci. Pro velikost této síly byla provedena studie a je uvedena společně s dalšími potřebnými hodnotami pro výpočet v tabulce 5.7.

Tab. 5.7 – Hodnoty potřebné pro výpočet příčnicku

Název	Označení	Hodnota	Jednotka
Max. normálová síla působící na přední válec	V	4178	[kN]
Součinitel zatížení	γ_G	1,1	[-]

$$P_p = V \cdot \gamma_G \cdot 10^3 = 4178 \cdot 1,1 \cdot 10^3 = 4595800 \text{ [N]} \quad (26)$$

$$T = \frac{P_p}{2} = \frac{4595800}{2} = 2297900 \text{ [N]} \quad (27)$$

Výpočet napětí v řezu A-A:

Ohybové napětí:

$$\sigma_{PA} = \frac{M_{P1}}{W_{P1}} = \frac{234385800}{1093500} = 214,35 \text{ [MPa]} \quad (28)$$

Napětí od krutu:

$$\tau_{PA} = \frac{T}{A_{P1}} = \frac{2297900}{48600} = 47,28 \text{ [MPa]} \quad (29)$$

Ohybový moment:

$$M_{P1} = T \cdot a_p = 2297900 \cdot 102 = 234385800 \text{ [N} \cdot \text{mm]} \quad (30)$$

Plocha průřezu:

$$A_{P1} = T_p \cdot h_{1P} = 360 \cdot 135 = 48600 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (31)$$

Modul průřezu v ohybu:

$$W_{P1} = \frac{1}{6} \cdot T_p \cdot h_{1P}^2 = \frac{1}{6} \cdot 360 \cdot 135^2 = 1093500 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (32)$$

Výpočet napětí v řezu B-B:

Ohybové napětí:

$$\sigma_{PB} = \frac{M_{P2}}{W_{P2}} = \frac{562985500}{2166000} = 259,92 \text{ [MPa]} \quad (33)$$

Napětí od krutu:

$$\tau_{PB} = \frac{T}{A_{P2}} = \frac{2297900}{68400} = 33,60 \text{ [MPa]} \quad (34)$$

Ohybový moment:

$$M_{P2} = T \cdot b_p = 2297900 \cdot 245 = 562985500 \text{ [N} \cdot \text{mm]} \quad (35)$$

Plocha průřezu:

$$A_{P2} = T_P \cdot h_{2P} = 360 \cdot 190 = 68400 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (36)$$

Modul průřezu v ohybu:

$$W_{P2} = \frac{1}{6} \cdot T_P \cdot h_{2P}^2 = \frac{1}{6} \cdot 360 \cdot 190^2 = 2166000 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (37)$$

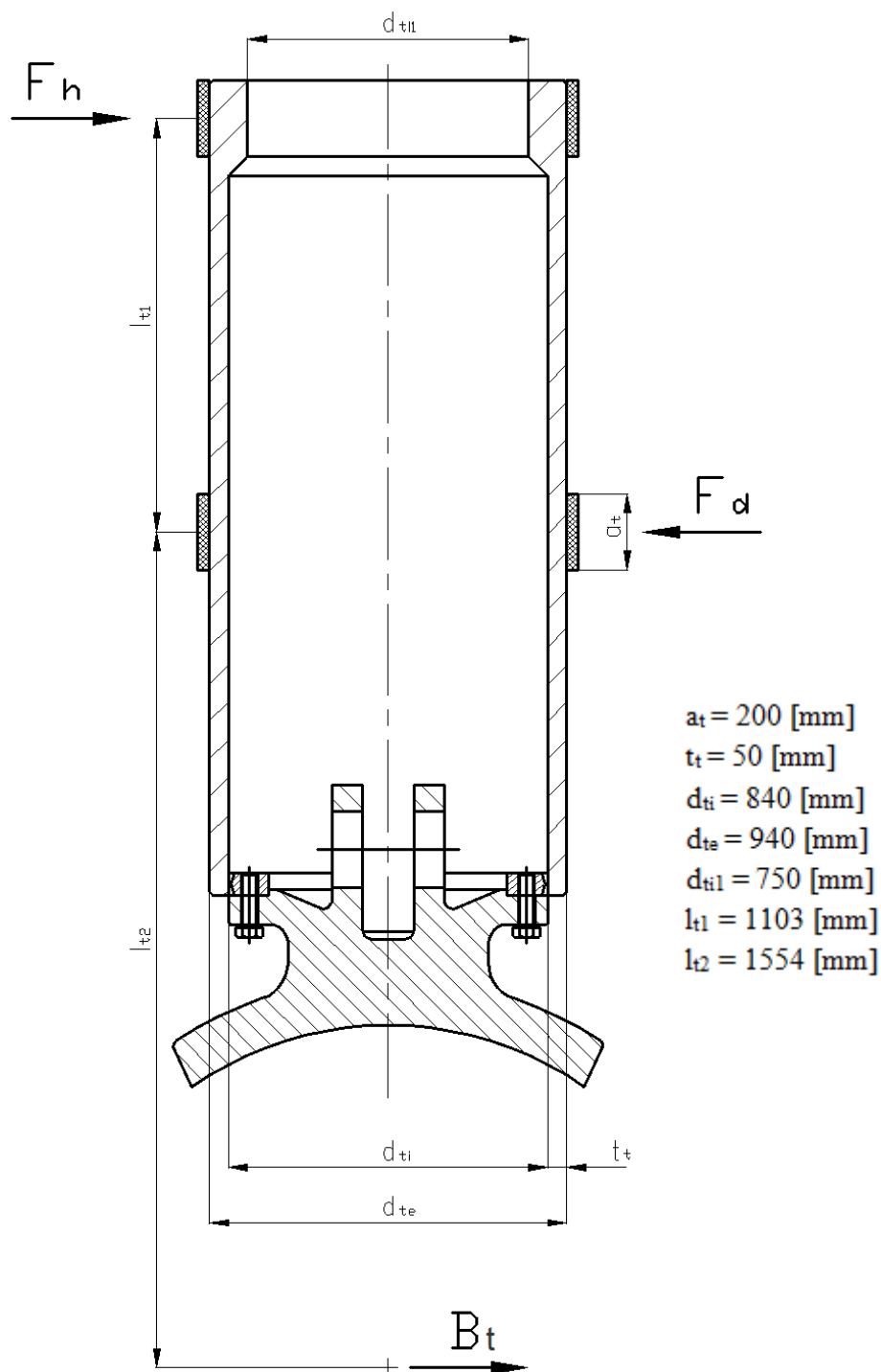
Na základě těchto výpočtů volím dle [4] jako materiál příčnicku **odlitek z ušlechtné oceli 13 240.6**. Základní vlastnosti tohoto materiálu jsou uvedeny níže v **tabulce 5.8**.

Tab. 5.8 – Vlastnosti materiálu 13 240.6 [4]

Název	Označení	Hodnota	Jednotka
Mez únavy při střídavém tahu-tlaku	σ_c	300	[MPa]
Mez únavy při střídavém ohybu	σ_{co}	390	[MPa]
Mez únavy při střídavém krutu	τ_{ck}	230	[MPa]
Mez pevnosti	R_m	690	[MPa]
Mez kluzu v tahu	R_e	440	[MPa]

5.6 Návrh a kontrola vnitřního dílu teleskopu

Vnitřní díl teleskopu přenáší boční síly, které působí při práci kolesového rýpadla. Při návrhu a kontrole teleskopu se bude postupovat nejdříve určením těchto sil. Postupně se navrhne a zkontroluje tento díl v místě, kde tyto síly působí a poté se určí polotovár a materiál, ze kterého bude díl zhotoven. Rozměry a potřebné hodnoty jsou uvedeny na **obrázku 5.11**, respektive v **tabulce 5.9**. Z důvodu rozsáhlosti a složitosti výpočtu zde bude uveden pouze informativní výpočet, který ale i tak dobře poslouží o představě napětí, které působí na tuto část podvozku.



Obr. 5.11 – Rozměry vnitřního dílu teleskopu

Tab. 5.9 – Hodnoty potřebné pro výpočet vnitřního dílu teleskopu

Název	Označení	Hodnota	Jednotka
Maximální boční síla působící na zadní válec	Z	1393,15	[kN]
Součinitel zatížení	γ_G	1,1	[-]
Součinitel zatížení otáčením	γ_Z	1,1	[-]
Celkový součinitel zatížení	γ	1,21	[-]

Výpočet sil B_t , F_d a F_h potřebné pro další výpočet:

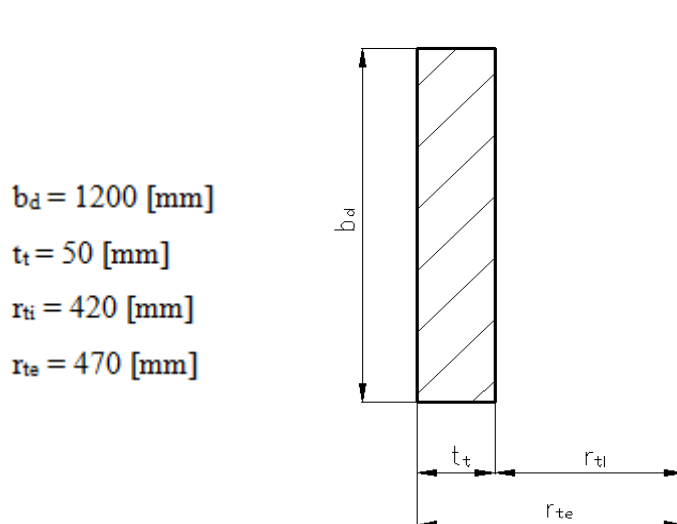
$$B_t = \gamma \cdot Z \cdot 10^3 = 1,21 \cdot 1393,15 \cdot 10^3 = 1685711,5 \text{ [N]} \quad (38)$$

$$F_d = \frac{B_t \cdot (l_{t1} + l_{t2})}{l_{t1}} = \frac{1685711,5 \cdot [1103 + 1554]}{1103} = 4060685 \text{ [N]} \quad (39)$$

$$F_h = F_d - B_t = 4060685 - 1685711,5 = 2374973,5 \text{ [N]} \quad (40)$$

Kontrola v místě F_d :

Průřez v místě F_d je zobrazen na **obrázku 5.12**.

**Obr. 5.12 – Průřez místem F_d**

Střední poloměr:

$$r_d = \frac{r_{ti} + r_{te}}{2} = \frac{420 + 470}{2} = 445 \text{ [mm]} \quad (41)$$

Výška průřezu:

$$b_d = (20 \cdot t_t) + a_t = (20 \cdot 50) + 200 = 1200 \text{ [mm]} \quad (42)$$

Plocha průřezu v místě F_d :

$$A_{d1} = b_d \cdot t_t = 1200 \cdot 50 = 60000 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (43)$$

Moment setrvačnosti průřezu:

$$I_d = \frac{b_d \cdot t_t^3}{12} = \frac{1200 \cdot 50^3}{12} = 12500000 \text{ [mm}^4\text{]} \quad (44)$$

Modul průřezu v ohybu:

$$W_d = \frac{2 \cdot I_d}{t_t} = \frac{2 \cdot 12500000}{50} = 500000 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (45)$$

Ohybový moment na středním průměru:

$$M_d = 0,124 \cdot r_d \cdot F_d = 0,124 \cdot 445 \cdot 4060685 = 224068598,3 \text{ [N} \cdot \text{mm]} \quad (46)$$

Korigovaná síla:

$$N_d = -0,288 \cdot F_d = -0,288 \cdot 4060685 = -1169477,3 \text{ [N]} \quad (47)$$

Napětí na vnějším vlákne:

$$\sigma_{d_vnější} = \frac{-M_d}{W_d} + \frac{N_d}{A_{d1}} = \frac{-224068598,3}{500000} + \frac{(-1169477,3)}{60000} = -467,63 \text{ [MPa]} \quad (48)$$

Napětí na vnitřním vlákne:

$$\sigma_{d_vnitřní} = \frac{M_d}{W_d} + \frac{N_d}{A_{d1}} = \frac{224068598,3}{500000} + \frac{(-1169477,3)}{60000} = 428,65 \text{ [MPa]} \quad (49)$$

Celkový ohybový moment:

$$M_{dc} = B_t \cdot l_{t2} = 1685711,5 \cdot 1554 = 2619595671 \text{ [N} \cdot \text{mm]} \quad (50)$$

Průřez mezikruží:

$$A_{d2} = \pi \cdot (r_{te}^2 - r_{ti}^2) = \pi \cdot (470^2 - 420^2) = 139800,87 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (51)$$

Modul průřezu mezikruží:

$$W_c = \frac{\pi \cdot (r_{te}^2 - r_{ti}^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (470^2 - 420^2)}{4} = 23353814,39 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (52)$$

Napětí na vnějším vlákne mezikruží:

$$\sigma_{d1_vnější} = \frac{-M_{dc}}{W_c} = \frac{-2619595671}{23353814,39} = -112,17 \text{ [MPa]} \quad (53)$$

Napětí na vnitřním vlákně mezikruží:

$$\sigma_{d1_vnitřní} = \frac{-M_{dc}}{W_c} \cdot \frac{r_{ti}}{r_{te}} = \frac{-2619595671}{23353814,39} \cdot \frac{420}{470} = -100,24 \text{ [MPa]} \quad (54)$$

Redukované napětí na vnitřním vlákně:

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_{d1_vnitřní}^2 + \sigma_{d_vnitřní}^2 - (\sigma_{d1_vnitřní} \cdot \sigma_{d_vnitřní})} \quad (55)$$

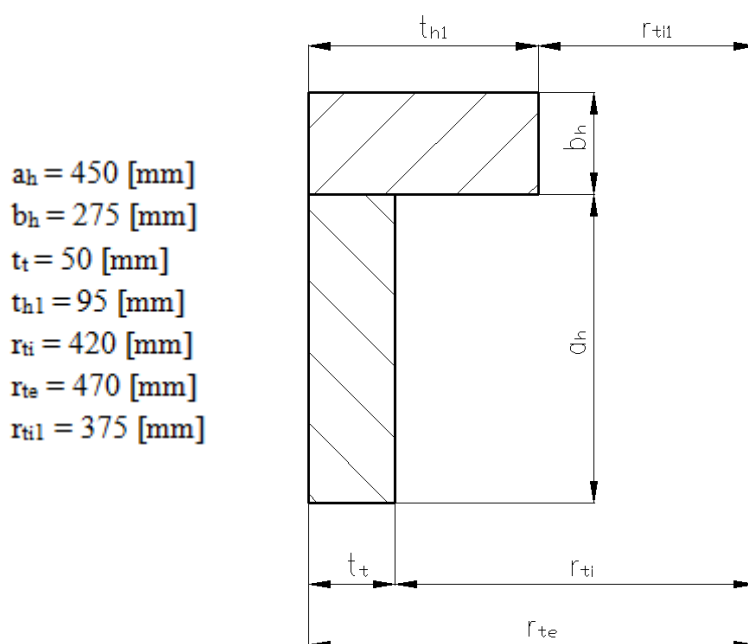
$$\sigma_s = \sqrt{(-100,24)^2 + 428,65^2 - (-100,24 \cdot 428,65)}$$

$$\sigma_s = 486,57 \text{ [MPa]}$$

Na základě těchto výpočtů by byl dle [6] vhodný materiál **WELDOX 700**.

Kontrola v místě F_h :

Průřez místem F_h je uveden na **obrázku 5.13**.



Obr. 5.13 – Průřez místem F_h

Výpočet výšky a_h :

$$a_h = 10 \cdot t_t - t_t = 10 \cdot 50 - 50 = 450 \text{ [mm]} \quad (56)$$

Výpočet výšky b_h :

$$b_h = \frac{a_h}{2} + t_t = \frac{450}{2} + 50 = 275 \text{ [mm]} \quad (57)$$

Plocha průřezu v místě F_h :

$$A_h = a_h \cdot t_t + b_h \cdot t_{h1} = 450 \cdot 50 + 275 \cdot 95 = 48625 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (58)$$

Střední poloměr:

$$r_h = \frac{b_h \cdot t_{h1} \cdot \left(r_{ti1} + \frac{t_{h1}}{2}\right) + a_h \cdot t_t \cdot \left(r_{ti} + \frac{t_t}{2}\right)}{A_h} \quad (59)$$

$$r_h = \frac{275 \cdot 95 \cdot \left(375 + \frac{95}{2}\right) + 450 \cdot 50 \cdot \left(420 + \frac{50}{2}\right)}{48625}$$

$$r_h = 432,91 \text{ [mm]}$$

Moment setrvačnosti průřezu:

$$I_h = \frac{b_h \cdot t_{h1}^3}{12} + b_h \cdot t_{h1} \cdot \left(r_h - r_{ti1} - \frac{t_{h1}}{2}\right)^2 + \frac{a_h \cdot t_t^3}{12} + a_h \cdot t_t \cdot \left(r_{ti} - r_h - \frac{t_t}{2}\right)^2$$

$$I_h = \frac{275 \cdot 95^3}{12} + 275 \cdot 95 \cdot \left(432,91 - 375 - \frac{95}{2}\right)^2 +$$

$$+ \frac{450 \cdot 50^3}{12} + 450 \cdot 50 \cdot \left(420 - 432,91 - \frac{50}{2}\right)^2$$

$$I_h = 30455576 \text{ [mm}^4\text{]} \quad (60)$$

Modul průřezu ohybu na vnějším vlákne:

$$W_e = \frac{I_h}{r_{te} - r_h} = \frac{30455576}{470 - 432,91} = 821126,34 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (61)$$

Modul průřezu ohybu na vnitřním vlákne:

$$W_i = \frac{I_h}{r_h - r_{ti1}} = \frac{30455576}{432,91 - 375} = 525912,21 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (62)$$

Ohybový moment:

$$M_h = 0,124 \cdot r_h \cdot F_h = 0,124 \cdot 432,91 \cdot 2374973,5 = 127490572,5 \text{ [N]} \quad (63)$$

Korigovaná síla:

$$N_h = -0,288 \cdot F_h = -0,288 \cdot 2374973,5 = -683992,37 \text{ [N]} \quad (64)$$

Napětí na vnějším vlákne:

$$\sigma_{he} = -\frac{M_h}{W_e} + \frac{N_h}{A_h} = -\frac{127490572,5}{821126,34} + \frac{-683992,37}{48625} = -169,33 \text{ [MPa]} \quad (65)$$

Napětí na vnitřním vlákně:

$$\sigma_{hi} = \frac{M_h}{W_i} + \frac{N_h}{A_h} = -\frac{127490572,5}{525912,21} + \frac{-683992,37}{48625} = 228,35 \text{ [MPa]} \quad (66)$$

Pro tyto vypočítané údaje vnitřního dílu teleskopu je dle [6] vhodný materiál z vysokopevnostní oceli **WELDOX 700**.

Materiál WELDOX 700 je vysokopevnostní, otěruvzdorná ocel, která má velmi dobrou svařitelnost. Mez kluzu a mez pevnosti jsou uvedeny v **tabulce 5.10**.

Tab. 5.10 – Mechanické vlastnosti materiálu WELDOX 700 [6]

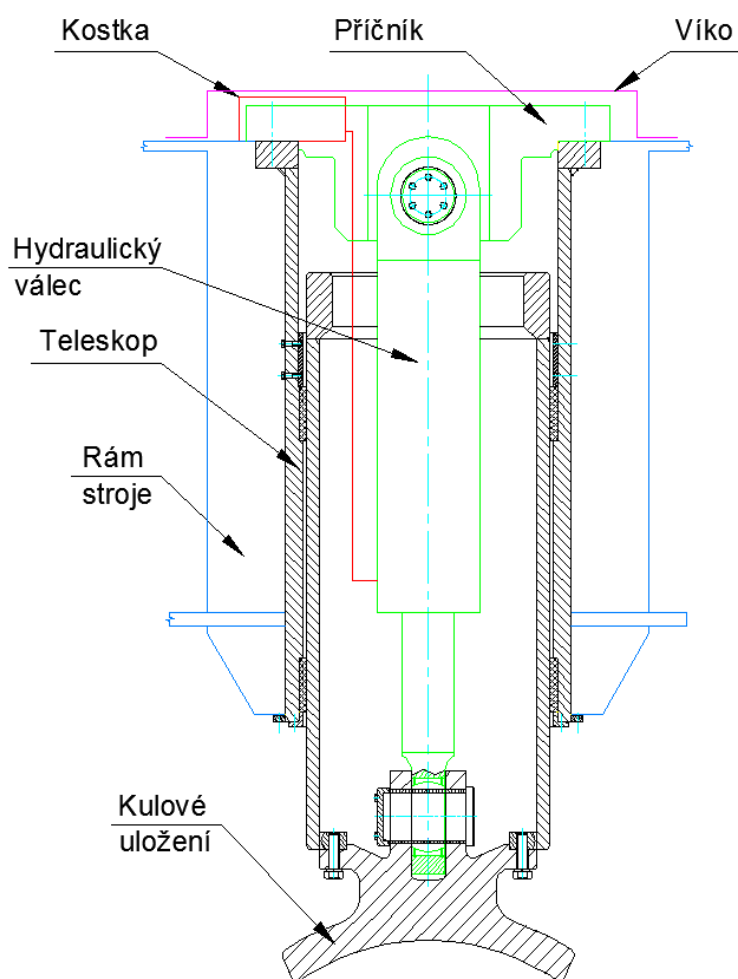
Název	Označení	Hodnota	Jednotka
Mez kluzu	R_e	700	[MPa]
Mez pevnosti	R_m	780-930	[MPa]

6 Postup montáže a demontáže vyrovnávacího zařízení

Postup montáže takového vyrovnávacího zařízení by se dal popsat v několika krocích. V první fázi se ale musí spodní stavba podepřít montážními podpěrami a to tak, že tubus musí být částečně vysunut ze spodní stavby, aby se dalo dostat k začepování dolního čepu. Také je nutné dodat, že otočná deska rypadla musí být natočena tak, aby nebránila montáži či demontáži jak válce, tak tubusu. Po těchto nezbytných krocích se může přistoupit k samotné montáži.

Samotná montáž se bude provádět tak, že nejdříve se začepuje píst hydraulického válce dole do kulového uložení. Poté se uchyťí teleskopický tubus. Hydraulický válec se nyní začepuje nahoře do příčnicku a následně se zde napojí hydraulický válec na hydraulický obvod. Rozvody hydrauliky na válci jsou ukončeny kostkou umístěnou u oka válce. Nakonec se namontuje víko.

Při demontáži vyrovnávacího zařízení se postupuje prakticky opačně, jako při montáži. Pro snadnější představu je na **obr. 6.1** uvedeno schéma vyrovnávacího zařízení s popisem.



Obr. 6.1 – Schéma vyrovnávacího zařízení

7 Způsob mazání vyrovnávacího zařízení

Mazání je jedna z nejdůležitějších funkcí u všech strojů. U kolesového rypadla je mazací agregát i hydraulický agregát umístěn ve spodní stavbě. Rozvody mazání jsou vedeny buď bezešvými trubkami 10x2 z materiálu 12 021.1, nebo hadicemi s koncovkami se závitem M18x1,5. V kluzátkách jsou rozváděcí drážky a mazivo se přivádí otvory přes ocelovku spodní stavby. Závít pro připojení šroubení je M16x1,5.

Kluzné plochy jsou shora chráněny proti vodě a prachu krytem a ze spodu proti prachu dalším krytem, tzv. harmonikou.

8 Závěr

Zpracováním této diplomové práce bylo provedeno seznámení s problematikou stability stroje a obecně s kolesovými rýpadly. Cílem práce bylo navrhnout a provést pevnostní kontrolu vyrovnávacího zařízení podvozku kolesového rýpadla KK-550. Toto zařízení má vyrovnávat spodní stavbu zmíněného rýpadla tak, aby byl stroj schopen pracovat i na mírně nakloněném podloží. Vyrovnávání podvozku je řešeno dvěma hydraulickými válci, jak bylo požadováno zadavatelem. Zařízení se skládá z hydraulického válce RR-50036-520t, teleskopického tubusu, který přenáší jak boční síly, tak chrání hydraulický válec před nečistotami a příčníku. Návrh a kontrola vnitřního dílu teleskopu byla provedena pouze informativně z důvodu rozsáhlosti a složitosti výpočtu. Všechny výpočty byly provedeny dle použité literatury. Čepové uložení v této diplomové práci nebylo řešeno, nicméně bylo vhodně zvoleno v souladu se zadavatelem. Výrobní dokumentace byla provedena v programu AutoCAD.

9 Seznam použité literatury

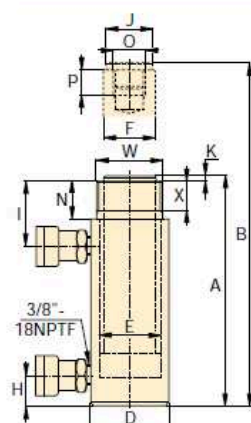
- [1] LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky*. 3. přepr.vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
- [2] NĚMEC, Jaroslav. *Tvarová pevnost částí kolejových vozidel*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1955, 144 s.
- [3] JEŘÁBEK, Karel. *Stroje pro zemní práce: Silniční stroje*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1995, 464 s. ISBN 80-7078-389-3.
- [4] KŘÍŽ, Rudolf. *Tabulky materiálů pro strojírenství I. kovové materiály - neželezné kovy*. Ostrava: MONTANEX, 1999, 349 s. ISBN 80-85780-92-5.
- [5] NOEN. *Studie kolesového rýpadla KK-550: Technická zpráva* [CD]. Uničov, 2009.
- [6] GAMA OCEL. *Weldox - vysokopevnostní plechy* [online]. 2012 [cit. 2012-09-06]. Dostupné z: <http://www.gamaocel.cz/4862/weldox/>
- [7] ENERPAC. *Katalog hydr. válců řady RR* [online]. 2012 [cit. 2012-09-06]. Dostupné z: http://www.enerpac.com/sites/default/files/rr_326e_gb.pdf
- [8] Lom Bílina. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2011 [cit. 2012-09-07]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Lom_B%C3%ADlina
- [9] *Severočeské doly* [online]. 2012 [cit. 2012-09-07]. Dostupné z: <http://www.sdas.cz/showdoc.do?docid=528>
- [10] NOEN. *Povrchová těžba* [online]. 2012 [cit. 2012-09-07]. Dostupné z: <http://noen.cz/povrchova-tezba>
- [11] Info Globe. *Víte, že? Největší stroj ČR* [online]. 2012 [cit. 2012-09-19]. Dostupné z: <http://www.infoglobe.cz/zajimavosti/vite-ze-nej-stroj-cr/?action=2>
- [12] KLEMENT. *Generální oprava velkostroje KU 800* [online]. 2012 [cit. 2012-09-19]. Dostupné z: <http://www.klementas.cz/cs/realizace/technologicko-celky/generalni-oprava-velkostroje-ku-800-18-k99>

10 Přílohy

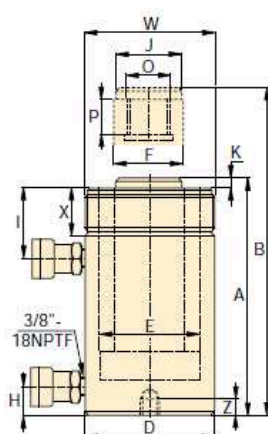
Příloha A (technické parametry hydraulického válce)	I
--	----------

Příloha A

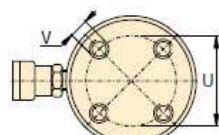
RR-série, Dvojčinné válce

ENERPAC
 Hydraulic Technology Worldwide


RR-1010 - RR-3014

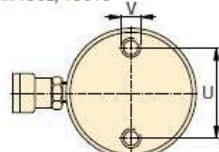


RR-506 - RR-50048



RR-1006 - RR-30048

Bez montážních děr u typů:
 RR-506, 5013
 RR-756, 7513
 RR-1502, 15013



RR-4006 - RR-50048

Umístění montážních otvorů na
 spodku válce lze s ohledem na
 montážní podmínky po dohodě s
 výrobcem upravit.



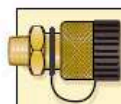
Zatahovací schopnost válců
 může být u některých modelů RR
 menší, než jsou teoretické
 hodnoty v důsledku nižšího
 nastavení odlehčovacího tlakového ventilu:
 RR-308/3014: 275 bar
 RR-506/5013/5020: 480 bar
 RR-756/7513: 495 bar

◀ Základní parametry na předchozí straně.

Výkon válce při 700 bar	Zdvih (mm)	Číslo modelu	Max. výkon válce (kN)		Činná plocha válce (cm ²)		Objem oleje (cm ³)		Sta- vební výška A (mm)	Max. výška B (mm)	Vnější průměr D (mm)
			Tlak	Tah	Tlak	Tah	Tlak	Tah			
10	254	RR-1010*	101	33	14,5	4,8	368	122	409	663	73
	305	RR-1012*	101	33	14,5	4,8	442	147	457	762	73
30	209	RR-308*	295	53	42,1	19,1	879	400	387	596	101
	368	RR-3014*	295	53	42,1	19,1	1549	703	549	917	101
50	156	RR-506	498	103	71,2	21,5	1111	335	331	487	127
	334	RR-5013	498	103	71,2	21,5	2378	718	509	843	127
	511	RR-5020	498	103	71,2	21,5	3638	1099	733	1244	127
75	156	RR-756	718	156	102,6	31,4	1601	490	347	503	146
	333	RR-7513	718	156	102,6	31,4	3417	1046	525	858	146
95	168	RR-1006	933	435	133,3	62,2	2238	1045	357	525	177
	333	RR-10013	933	435	133,3	62,2	4439	2071	524	857	177
	460	RR-10018	933	435	133,3	62,2	6132	2861	687	1147	177
140	57	RR-1502	1386	668	198,1	95,4	1129	544	196	253	203
	156	RR-1506	1386	668	198,1	95,4	3090	1488	385	541	203
	333	RR-15013	1386	668	198,1	95,4	6597	3177	582	915	203
	815	RR-15032	1386	668	198,1	95,4	16145	7775	1116	1931	203
200	152	RR-2006	1995	1017	285,0	145,3	4332	2209	430	582	247
	330	RR-20013	1995	1017	285,0	145,3	9405	4795	608	938	247
	457	RR-20018	1995	1017	285,0	145,3	13025	6640	765	1222	247
	610	RR-20024	1995	1017	285,0	145,3	17385	8863	917	1527	247
	914	RR-20036	1995	1017	285,0	145,3	26049	13280	1222	2136	247
	1219	RR-20048	1995	1017	285,0	145,3	34741	17712	1527	2746	247
325	153	RR-3006	3201	1703	457,3	243,2	6997	3721	485	638	311
	305	RR-30012	3201	1703	457,3	243,2	13947	7418	638	943	311
	457	RR-30018	3201	1703	457,3	243,2	20889	11114	790	1247	311
	609	RR-30024	3201	1703	457,3	243,2	27850	14811	943	1552	311
	915	RR-30036	3201	1703	457,3	243,2	41843	22253	1247	2162	311
	1219	RR-30048	3201	1703	457,3	243,2	55745	29646	1552	2771	311
440	152	RR-4006	4292	2297	613,1	328,1	9319	4987	538	690	358
	305	RR-40012	4292	2297	613,1	328,1	18700	10007	690	995	358
	457	RR-40018	4292	2297	613,1	328,1	28018	14995	843	1300	358
	610	RR-40024	4292	2297	613,1	328,1	37400	20014	995	1605	358
	914	RR-40036	4292	2297	613,1	328,1	56037	29988	1300	2214	358
	1219	RR-40048	4292	2297	613,1	328,1	74737	39996	1605	2824	358
520	153	RR-5006	5108	2838	729,7	405,4	11164	6203	577	730	397
	305	RR-50012	5108	2838	729,7	405,4	22256	12365	730	1035	397
	457	RR-50018	5108	2838	729,7	405,4	33347	18526	882	1339	397
	609	RR-50024	5108	2838	729,7	405,4	44440	24689	1035	1644	397
	915	RR-50036	5108	2838	729,7	405,4	66768	36973	1339	2254	397
	1219	RR-50048	5108	2838	729,7	405,4	88951	49418	1644	2863	397

* U válců RR-1010 a RR-1012: N = 32 mm; u válců RR-308 a RR-3014: N = 55 mm.

Dvojčinné válce s dlouhým zdvihem



Včetně spojek

Objímky CR-400 spojek mají všechny modely. Jsou vhodné pro všechny hadice série HC.

Výkon:

10 - 520 t

Zdvih:

57 - 1290 mm

Maximální provozní tlak:

700 bar

**RR
série**



Vnitřní průměr válce E (mm)	Průměr pístu F (mm)	Kóta dolní přípojky H (mm)	Kóta horní přípojky I (mm)	Průměr tlačné koncovky J (mm)	Přesah tlačné koncovky K (mm)	Vnitřní závit pístnice O	Hloubka závit v pístnici P (mm)	Montážní otvory spodku válce Roztečný průměr U (mm)	Závit V	Hloubka závit Z (mm)	Vnější závit válce W	Délka závit na válci X (mm)	(kg)	Číslo modelu
42,9	34,9	36	57	35	6	1" - 8	25	-	-	-	2 1/4" - 14	26	12	RR-1010*
42,9	34,9	36	57	35	6	1" - 8	25	-	-	-	2 1/4" - 14	26	14	RR-1012*
73,2	54,1	39	81	50	10	1 1/2" - 16	25	-	-	-	3 5/16" - 12	49	18	RR-308*
73,2	54,1	39	81	50	10	1 1/2" - 16	25	-	-	-	3 5/16" - 12	49	29	RR-3014*
95,2	79,5	28	76	71	2	1" - 12	25	-	-	-	5" - 12	44	30	RR-506
95,2	79,5	28	76	71	2	1" - 12	25	-	-	-	5" - 12	44	52	RR-5013
95,2	79,5	57	76	71	2	1" - 12	25	76	1/2" - 13	25	5" - 12	44	68	RR-5020
114,3	95,2	30	76	71	6	1" - 12	38	-	-	-	5 3/4" - 12	38	41	RR-756
114,3	95,2	30	81	71	6	1" - 12	38	-	-	-	5 3/4" - 12	38	68	RR-7513
130,3	95,2	38	71	76	3	1 3/4" - 12	35	139	3/4" - 10	25	6 7/8" - 12	50	61	RR-1006
130,3	95,2	38	71	76	3	1 3/4" - 12	35	139	3/4" - 10	25	6 7/8" - 12	50	93	RR-10013
130,3	95,2	41	92	76	3	1 3/4" - 12	35	139	3/4" - 10	25	6 7/8" - 12	50	117	RR-10018
158,8	114,3	22	66	95	19	-	-	-	-	-	-	-	49	RR-1502
158,8	114,3	49	84	114	19	3 3/8" - 16	35	158	3/4" - 16	28	8" - 12	55	93	RR-1506
158,8	114,3	49	84	114	19	3 3/8" - 16	35	158	3/4" - 16	28	8" - 12	55	124	RR-15013
158,8	114,3	76	88	114	19	3 3/8" - 16	35	-	-	-	8" - 12	55	238	RR-15032
190,5	133,4	57	96	133	22	-	-	127	1" - 8	25	-	-	147	RR-2006
190,5	133,4	57	96	133	22	2 1/2" - 12	63	127	1" - 8	25	9 3/4" - 12	54	199	RR-20013
190,5	133,4	85	101	133	22	2 1/2" - 12	63	127	1" - 8	25	9 3/4" - 12	54	204	RR-20018
190,5	133,4	85	101	133	22	2 1/2" - 12	63	127	1" - 8	25	9 3/4" - 12	54	279	RR-20024
190,5	133,4	85	101	133	22	2 1/2" - 12	63	127	1" - 8	25	9 3/4" - 12	54	383	RR-20036
190,5	133,4	85	101	133	22	2 1/2" - 12	63	127	1" - 8	25	9 3/4" - 12	54	483	RR-20048
241,3	165,1	88	114	165	28	2 1/2" - 12	82	158	1 1/4" - 7	44	12 1/4" - 12	58	200	RR-3006
241,3	165,1	88	114	165	28	2 1/2" - 12	82	158	1 1/4" - 7	44	12 1/4" - 12	58	312	RR-30012
241,3	165,1	88	114	165	28	2 1/2" - 12	82	158	1 1/4" - 7	44	12 1/4" - 12	58	385	RR-30018
241,3	165,1	88	114	165	28	2 1/2" - 12	82	158	1 1/4" - 7	44	12 1/4" - 12	58	469	RR-30024
241,3	165,1	88	114	165	28	2 1/2" - 12	82	158	1 1/4" - 7	44	12 1/4" - 12	58	628	RR-30036
241,3	165,1	88	114	165	28	2 1/2" - 12	82	158	1 1/4" - 7	44	12 1/4" - 12	58	780	RR-30048
279,4	190,5	108	133	190	28	3" - 12	95	203	1 1/2" - 6	50	14 1/8" - 8	65	303	RR-4006
279,4	190,5	108	133	190	28	3" - 12	95	203	1 1/2" - 6	50	14 1/8" - 8	65	399	RR-40012
279,4	190,5	108	133	190	28	3" - 12	95	203	1 1/2" - 6	50	14 1/8" - 8	65	453	RR-40018
279,4	190,5	108	133	190	28	3" - 12	95	203	1 1/2" - 6	50	14 1/8" - 8	65	597	RR-40024
279,4	190,5	108	133	190	28	3" - 12	95	203	1 1/2" - 6	50	14 1/8" - 8	65	792	RR-40036
279,4	190,5	108	133	190	28	3" - 12	95	203	1 1/2" - 6	50	14 1/8" - 8	65	980	RR-40048
304,8	203,2	120	152	203	28	3 1/4" - 12	108	203	1 3/4" - 5	57	15 5/8" - 8	79	432	RR-5006
304,8	203,2	120	152	203	28	3 1/4" - 12	108	203	1 3/4" - 5	57	15 5/8" - 8	79	589	RR-50012
304,8	203,2	120	152	203	28	3 1/4" - 12	108	203	1 3/4" - 5	57	15 5/8" - 8	79	680	RR-50018
304,8	203,2	120	152	203	28	3 1/4" - 12	108	203	1 3/4" - 5	57	15 5/8" - 8	79	816	RR-50024
304,8	203,2	120	152	203	28	3 1/4" - 12	108	203	1 3/4" - 5	57	15 5/8" - 8	79	1002	RR-50036
304,8	203,2	120	152	203	28	3 1/4" - 12	108	203	1 3/4" - 5	57	15 5/8" - 8	79	1224	RR-50048